

**Konzeption eines integrierten Systems für Umweltinformationen  
- Fallstudie Volkswagen AG**

Arbeitsgruppe Wirtschaftsinformatik

Autoren:

Jorge Marx Gómez, Christian Grünwald, Dirk Rosenau-Tornow, Susanne Griesse,  
Torsten Petri, Rüdiger Eppers

## Herausgeber

**Prof. Dr. H.-P. Beck**

Institut für Elektrische Energietechnik  
beck@iee.tu-clausthal.de

**Prof. Dr. U. Bracht**

Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit  
bracht@imab.tu-clausthal.de

**Prof. Dr. K. Ecker**

Institut für Informatik  
ecker@informatik.tu-clausthal.de

**Prof. Dr. P. F. Elzer**

Institut für Prozess- und Produktionsleittechnik  
elzer@ipp.tu-clausthal.de

**Prof. Dr. U. Konigorski**

Institut für Elektrische Informationstechnik  
koni@iei.tu-clausthal.de

**Prof. Dr. I. Kupka**

Institut für Informatik  
kupka@informatik.tu-clausthal.de

**Dr. G. Lange**

Rechenzentrum  
lange@rz.tu-clausthal.de

**Prof. Dr. W. Lex**

Institut für Informatik  
lex@informatik.tu-clausthal.de

**Prof. Dr.-Ing. N. Müller**

Institut für Maschinenwesen  
mueller@imw.tu-clausthal.de

**Prof. Dr. H. Richter**

Institut für Informatik  
richter@informatik.tu-clausthal.de

**Managing Editor:** Dipl.-Inf. Alexander Hasenfuß

## Editorial

Informationstechnik bildet die Basis systemtechnischer Innovationen in Industrie, Wirtschaft und Wissenschaft, aber auch in fast allen anderen Bereichen des öffentlichen und privaten Lebens. Um die hierfür erforderlichen vielfältigen Informationstechnologien in Lehre und Forschung bedarfsgerecht zu integrieren, haben sich Wissenschaftler der technischen Universität Clausthal über Fakultätsgrenzen hinweg zum *Informationstechnischen Zentrum* zusammengeschlossen.

Durch enge Zusammenarbeit des Informationstechnischen Zentrums mit den natur- und ingenieurwissenschaftlichen Instituten stellt die TU Clausthal der Industrie das heute so notwendige fächerübergreifende Expertenwissen für die Erarbeitung komplexer, prozessintegrierter Systemlösungen in einem weit gefächerten Gebiet zur Verfügung.

Ziel der Berichte des Informationstechnischen Zentrums (*ITZ Berichte*) ist es, Beiträge über wissenschaftliche Forschungsergebnisse und Entwicklungen vornehmlich aus Instituten der TU Clausthal aus Bereichen wie formale Systeme der Informatik, wissensbasierte Systeme, Bildverarbeitung und -analyse, Mehrrechnersysteme, Computer Aided Engineering, Mess- und Automatisierungstechnik, Elektrotechnik, Prozessleittechnik zu veröffentlichen und damit einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Insbesondere sind dies

- Forschungsarbeiten und Berichte über Projekte, Entwicklungen, Fallstudien,
- eingeladene Beiträge von außerhalb,
- Tagungs- und Workshopberichte,
- Dissertationen.

Bei der Veröffentlichung von Beiträgen wird auf ein zeitaufwendiges Referentensystem weitgehend verzichtet, um Forschungsergebnisse mit minimaler Verzögerung und dementsprechend hoher Aktualität herausbringen zu können.

Die Herausgeber

## **Rechtliche Bestimmungen**

Für die in diesem Werk verwendeten Marken und eingetragenen Marken (SAP®, R/3®, IBM®, Microsoft®, ORACLE®, Volkswagen® etc.) gelten die jeweiligen Copyright- und weiteren rechtlichen Bestimmungen. Auf diesen Aspekt, der für das gesamte Dokument Gültigkeit besitzt, wird im Folgenden nicht weiter eingegangen.

## **Vorwort**

Die häufig für mehrere Aufgabenbereiche genutzten Datenquellen eines Unternehmens in Kombination mit einer zunehmenden Anzahl betrieblicher Fachaufgaben erfordern integrierte DV-Systeme, die benötigte Informationen aus heterogenen Quellsystemen beziehen sowie anforderungsgerecht aggregieren und verarbeiten können. Das hier vorgestellte Konzept für ein Umweltinformationssystem basiert auf Standardsystemkomponenten in Verbindung mit einem Business Information Warehouse. In der angeschlossenen Fallstudie in der Volkswagen AG wird das Konzept praxisbezogen erstellt und die Vorzüge des Systems durch ein multikriterielles Verfahren zur Entscheidungsunterstützung anschaulich herausgestellt.

Unser Dank gebührt allen Projekt- und Ansprechpartnern der Volkswagen AG, die sich dem Projekt mit Kompetenz und Engagement in vorbildlicher Weise gewidmet haben. Hier ist insbesondere die Abteilung für Umweltplanung, die Unterabteilung für Immissionsschutz und der Bereich Systembetreuung und -weiterentwicklung zu benennen.

Die Autoren sind jederzeit für Kritik und Anregungen dankbar. Weiterhin können auf Anfrage weitere Materialien und Informationen zum Thema dieses Buchs angefordert werden. Anfragen können per E-Mail an folgende Adressen gerichtet werden: [christian.gruenwald1@volkswagen.de](mailto:christian.gruenwald1@volkswagen.de) oder [gomez@in.tu-clausthal.de](mailto:gomez@in.tu-clausthal.de).

Jorge Marx Gómez

Clausthal, im März 2004

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	IV
Verzeichnis der Abkürzungen und Akronyme .....	VI
Symbolverzeichnis.....	IX
Abbildungsverzeichnis .....	XI
Tabellenverzeichnis.....	XII
1 Einleitung.....	1
1.1 Ausgangslage und Problemstellung .....	1
1.2 Zielsetzung und Lösungsweg .....	2
1.3 Struktur.....	3
2 Grundlagen.....	5
2.1 Motivation .....	5
2.2 Gesetzliche Grundlagen .....	6
2.3 Technische Grundlagen.....	11
2.3.1 Angewandte Methoden .....	11
2.3.2 Notwendigkeit zur Weiterentwicklung .....	17
2.3.3 Integrationsansätze für BUIS .....	22
2.3.4 Entscheidungstheorie .....	26
3 Fallstudie UIS Volkswagen AG .....	36
3.1 Grundzüge der Problemstellung.....	36
3.2 Istzustand Volkswagen UIS .....	38
3.2.1 Darstellung des Istzustands .....	38
3.2.2 Bewertung und Auswertung des Istzustands .....	43
3.2.2.1 Modifizierte Nutzwertanalyse.....	44
3.2.2.2 Ergebnisse der modifizierten Nutzwertanalyse .....	44
3.2.2.3 Teilintegratives Konzept des Fraunhofer-Instituts.....	46
3.2.2.4 Auswertung der Nutzwertdaten: Ranking der Fachaufgaben .....	47
3.3 Gegenüberstellung der Systeme .....	49
3.3.1 Darstellung und Erläuterung des Szenarios des Istzustands .....	49
3.3.2 Darstellung und Erläuterung des entwickelten integrierten Szenarios .....	50
3.3.2.1 Aufteilung des Szenarios in drei Umsetzungsstufen .....	52
3.3.2.2 VOC-Bilanzierung als Beispiel zur allgemeinen Konzeptumsetzung.....	54
3.3.3 Multikriterielles Entscheidungsverfahren .....	63
3.3.3.1 Festlegen von Kriterien und Gewichtung .....	64
3.3.3.2 Ergebnisse und Auswertung des Verfahrens .....	69
4 Schlussbetrachtung .....	74
4.1 Zusammenfassung .....	74
4.2 Ausblick.....	75

A Nutzwertanalyseergebnisse für die Fachaufgabe VOC-Bilanzierung .....	79
B Datenhaltung der Anlagenstammdaten im UIS .....	80
C Umsetzungsanforderungen an die VOC-Bilanzierung .....	83
Literaturverzeichnis .....	85

## Verzeichnis der Abkürzungen und Akronyme

AbfBestV	Abfallbestimmungs-Verordnung
AbfKlärV	Abfallklärverordnung
AbfRestÜberwV	Abfall- und Reststoffüberwachungsverordnung
AbfVerbrV	Abfallverbringungsverordnung
AbwV	Abwasserverordnung
AES	Altlastenexpertensystem
AISI	Anlageninformationssystem Immissionsschutz
All. AbfallV	Allgemeine Abfallverordnung
APM	Arbeitsplatzmessungen
ArbStättV	Arbeitsstättenverordnung
Austal	Ausbreitungsmodell TA Luft
BAPI	Business Application Programming Interface
BauGB	Baugesetzbuch
BESSY	Bestellrechnungssystem
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
BUIS	Betriebliches Umweltinformationssystem
BW	Business Information Warehouse
ChemG	Chemikaliengesetz
CO	SAP-Modul Controlling
CORBA	Common Object Request Broker Architecture
DampfkV	Dampfkesselverordnung
DB	Datenbank (data base)
DB2	Database 2
DIBUS	Dispositions-, Bestandsinformations-, Unterstützungssystem
DIS	Deponieinformationssystem
DISPO	Dispositionsfreigabe online
DMS	Dokumentenmanagementsystem
DruckbehV	Druckbehälterverordnung
DTD	Dokumenttypdefinition
DV	Datenverarbeitung
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EH&S(-Q)	Environment, Health and Safety(and Quality)
ELECTRE	Elimination Et Choice Translation Reality
EM	Emissions Management
ES	Entwicklungsstücklistensystem
EUKES	Einstufungs- und Kennzeichnungssystem
FEFlow	Finite Element Groundwater Modeling – Density-Dependent Groundwater Flow
GefahrStoffV	Gefahrstoffverordnung
GenTG	Gentechnikgesetz
Gestis	Gefahrstoffinformationssystem
GewO	Gewerbeordnung
GGVE	Gefahrgutverordnung Eisenbahn
GGVS	Gefahrgutverordnung Straße
GIS	Geographisches Informationssystem
HKW AbfV	Heizkraftwerk-Abfallverordnung
HLS	Hallenlayoutsysteem



HR	Human Resources
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IAO	Institut, Arbeitswirtschaft und Organisation
IBM	International Business Machine Corporation
IMS	Information Integration, Management and Scalability
integr.	integriertes
ISO	International Standardizing Organization
KrW-/ AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
LandesabfallG	Landesabfallgesetz
Lasat	Lagrange-Simulation von Aerosol-Transport
LAU/ HBV	Lagern, Abfüllen und Umschlagen/ Herstellen, Behandeln oder Verwenden wassergefährdender Stoffe
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LWG	Landeswassergesetz
MABES	Materialbestandssystem
MABON	Materialbestellung online
MADM	Multi Attribute Decision Making
MCDM	Multi Criteria Decision Making
Medif	Medizinisches Informationssystem
MFP	Material-Freigabe-Prozessmaterialien
MISS	Material Information Sheet System
MM	SAP-Modul Materialwirtschaft (Material Management)
MODM	Multi Objective Decision Making
MS	Microsoft
ODS	Operational Data Store
OLAP	On-Line Analysis Processor
PP	SAP-Modul Produktionsplanung (Production Planning)
PPS	Produktionsplanung und –steuerung
PROMETHEE	Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluations
PSA	Persistent Staging Area
QM	SAP-Modul Qualitätsmanagement (Quality Management)
R/ 3	Realtime-System, Version 3
RACF	Resource Access Control Facility
RFC	Remote Function Call
SAP	Systeme, Anwendungen, Produkte in der Datenverarbeitung
SD	SAP-Modul Vertriebsmanagement (Sales and Distribution)
SDB	Sicherheitsdatenblatt
SEBU	System zur Erfassung und Bewertung von Umweltaspekten
Si	Siedlungsabfall
SmogV	Smogverordnung
SNI	Siemens Nixdorf Informationssysteme AG
SQL	Structured Query Language
SSM	Stoffstrom-Management
TA	Technische Anleitung
TEIVON	Teilenummernvergabe online
TrbF	Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten
UBMedia	Fachdatenbank der Umweltbeauftragten
UIS	Umweltinformationssystem
UStatG	Umweltstatistikgesetz
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung

UWS	Umweltschutz
VAwS	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe
VbF	Verordnung über brennbare Flüssigkeiten
VLwF	Verordnung über das Lagern wassergefährdender Flüssigkeiten
VLwS	Verordnung über die Lagerung wassergefährdender Stoffe
VO	Verordnung
VOC	Volatile Organic Compound
VW	Volkswagen
VwV	Verwaltungsvorschrift
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
XML	Extensible Markup Language
ZBM	Zentraldatei Betriebsmittel und Maschinen

## Symbolverzeichnis

A	Menge der diskreten Alternativen
a	Alternative a
$a'$	Alternative $a'$
b	Alternative b
$d$	Differenz der Kriterienausprägung hinsichtlich des Kriteriums $k$
E	Gesamtemissionen
F	diffuse Emissionen
$g(w_k, a_t)$	Gerade für alle Alternativen
I	Indifferenzrelation
I1	organische Lösemittel (eingekauft, eingesetzt)
I2	organische Lösemittel (zurückgewonnen, im selben Prozess)
K	Anzahl der Kriterien
LV	Lösemittelverbrauch
N	Nichtvergleichbarkeitsrelation
O1	VOC-Emissionen in gefassten Abgasen
O1.1	VOC-Emissionen in gefassten behandelten Abgasen
O1.2	VOC-Emissionen in gefassten unbehandelten Abgasen
O2	organische Lösemittel im Abwasser
O3	organische Lösemittel als Rückstand im Produkt
O4	diffuse Emissionen in die Luft
O5	organische Lösemittel, die vernichtet oder aufgefangen
O6	organische Lösemittel im eingesammelten Abfall
O7	organische Lösemittel im Produkt
O8	organische Lösemittel, zurückgewonnen oder gelagert
O9	organische Lösemittel, auf sonstigem Wege freigesetzt
P	Präferenzschwelle (erweiterter Präferenzbegriff)
P	strikte Präferenzrelation
$p_k(d)$	verallgemeinerte Präferenzrelation für Kriterium k
q	Indifferenzschwelle
Q	schwache Präferenz
R	Präferenz
R	Unvergleichbarkeit (erweiterter Präferenzbegriff)
/ R	Menge der reellen Zahlen
$r_k$	Punktbewertung für Kriterium k
T	Anzahl der Alternativen
U	Nutzwert
u	Nutzwertfunktion
$w^*$	Gewichtung des Kriteriums k im Schnittpunkt der Geraden $g(w_k, a_t)$ und $g(w_k, a_{t'})$
$w^T$	Kriteriengewichtungsvektor
$w_k$	Gewichtungsvektor
$w_k^r$	subjektive Wichtigkeit des Kriteriums k im Vergleich zum nächstunwichtigeren Kriterium
X	Wert zur Überprüfung der diffusen Emissionen
$x_{\max}$	jeweils bester Wert

$x_{\min}$	jeweils schlechtester Wert
$Z$	Zielerreichungsmatrix
$z_{ik} = f_k(a_i)$	Zielerreichungsgrad von Alternative $a_i$ bezüglich Kriterium $f_k$
$z(a)$	Zielerreichungsgrad von Alternative a
$\phi^+$	Ausgangsfluss
$\phi^-$	Eingangsfluss
$\phi_0^{net}(a_i)$	Präferenzindex der Alternative $a_i$ für $w_k = 0$
$\phi_1^{net}(a_i)$	Präferenzindex für Alternative $a_i$ bei einer Gewichtung des betrachteten Kriteriums $w_k = 100\%$
$\pi$	Outranking-Relation (Präferenzindex)

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Einordnung des Umweltrechts.....	7
Abb. 2.2: Umweltrecht der BRD .....	9
Abb. 2.3: Outranking-Graph.....	31
Abb. 2.4: Beispiel einer graphischen Darstellung der Sensitivitätsanalyse .....	35
Abb. 3.1: Volkswagen UIS SW-technische Sicht .....	40
Abb. 3.2: Volkswagen UIS Kommunikationssicht .....	42
Abb. 3.3: „Szenario B2“ aus dem Ergebnisbericht des Fraunhofer-Instituts .....	46
Abb. 3.4: Istzustand des Volkswagen UIS .....	50
Abb. 3.5: Integriertes System für Umweltinformationen (Szenario D) .....	52
Abb. 3.6: Datenfluss VOC-Bilanzierung – Gesamtsicht, Umsetzungsstufen .....	59
Abb. 3.7: Datenfluss Kalkulation VOC-Bilanzierungskomponente .....	60
Abb. 3.8: Graphische Darstellung der gewählten Gewichtungsfaktoren .....	66
Abb. 3.9: Verlauf der Präferenzfunktion .....	70
Abb. 3.10: Partielle Präordnung für die Auswertung des MADM-Verfahrens.....	71
Abb. 3.11: Nettoflüsse der Kriterien mit hoher Gewichtung im Netzgraphen.....	72
Abb. A.1: Nutzwerte der Fachaufgabe VOC-Bilanzierung.....	79
Abb. C.1: graphische Flussdarstellung der VOC-Bilanzierung .....	84

## Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Relevante Gesetze und Verordnungen im Bereich Umweltrecht – Immissionen auf Bundesebene .....	10
Tab. 2.2: Relevante Gesetze und Verordnungen im Bereich Umweltrecht – Immissionen auf Landesebene .....	11
Tab. 3.1: Ranking der Fachaufgaben.....	48
Tab. 3.2: Ranking der Unteraufgaben .....	49
Tab. 3.3: Entscheidungstabelle für das MADM-Verfahren .....	65
Tab. 3.4: Ergebnisse der Anwendung des PROMETHEE-Verfahrens .....	70
Tab. B.1: Daten zur VOC-Bilanz in der UIS-Datenbank.....	82
Tab. C.1: Ergebnisdokument der VOC-Bilanzierung .....	83

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage und Problemstellung

Durch zunehmende Einschränkung des Umweltverhaltens von Unternehmen durch Umweltschutzgesetze, staatliche Kontrollmaßnahmen in der unternehmensseitigen Erstellungspflicht von umweltschutzrelevanten Berichten sowie ein gestiegenes Interesse der Öffentlichkeit an umweltschonend hergestellten Produkten wird der Umweltschutz in Unternehmen als ein betriebliches Ziel angesehen. In dieser Hinsicht sind die meisten Unternehmen bestrebt, die durch den Gesetzgeber festgelegten Mindestanforderungen an das Umweltverhalten zu erreichen. Zur nachweislichen Erfüllung der vorgegebenen Grenzwerte sind vom Unternehmen festgelegte Dokumente zur Prüfung durch die Behörden zu generieren. Für die automatisierte Erstellung dieser Umwelt-Reports<sup>1</sup> sowie zur strukturierten, zentralisierten Speicherung der unternehmensbezogenen umweltrelevanten Daten und zur Realisierung betriebsinterner Kontrollen und Auswertungen werden verschiedene Umweltinformationssysteme<sup>2</sup> entwickelt. Auch die Volkswagen AG betreibt ein eigenes Umweltinformationssystem (UIS).

Die Zunahme und Verschärfung gesetzlicher Richtlinien und das Bestreben, möglichst alle umweltrelevanten Fachaufgaben<sup>3</sup> durch eine softwareseitige Unterstützung abzudecken, verlangt nach einer stetigen Weiterentwicklung bestehender UIS sowohl unter dem Aspekt der Funktionserweiterung als auch der Effizienzsteigerung des Systems durch Einbeziehung der jeweils aktuellen Struktur- und Funktionalitätsansätze.

Durch die gesetzlich bedingte umfassendere Berichterstattung und aufgrund des gestiegenen Umfangs an Informationsverarbeitung im Unternehmen hat sich ebenso die betriebsinterne Generierung der Umweltdaten sowie der Grad ihrer Weiterverarbeitung verstärkt. Um eine Nutzung bestehender Informationen in benachbarten Systemen zu gewährleisten, ist eine geeignete Dateninfrastruktur bereitzustellen. Eine in diesem Falle stark an das betriebliche Umfeld angepasste vernetzte Informationsverarbeitung besitzt für ein Unternehmen den Vorteil, dass die damit verbundenen betrieblichen Prozesse schneller und kostengünstiger ablaufen können. Die ohne eine automatisierte Datenübertragung erforderliche manuelle Eingabe von Werten verursacht weiteren

---

<sup>1</sup> Die Erstellung von Umwelt-Reports besteht vor allem aus der Generierung von umweltbezogenen Berichten.

<sup>2</sup> Ein Umweltinformationssystem (UIS) ist ein organisatorisch-technisches System zur systematischen Erfassung, Verarbeitung und Bereitstellung umweltrelevanter Informationen. (vgl. Rautenstrauch (1999), S. 11).

<sup>3</sup> Eine Fachaufgabe beinhaltet Anforderungen zu einem abgegrenzten Themengebiet.

Arbeitsaufwand und erhöht die Prozesszeit sowie die damit anfallenden Kosten. Der gestiegene Umfang an verarbeiteten Daten in Verbindung mit einer Zunahme an Datenverknüpfungen ermöglicht neue Einsatzfelder für die weiterverarbeiteten Informationen. Dadurch können zusätzliche Prozesse zeit- und kostensparend durchgeführt werden.

Die Verwendung einer neuen Basistechnologie, z.B. durch den Einsatz bisher nicht verwendeter Standardsysteme<sup>4</sup> oder eines alternativen Integrationsansatzes<sup>5</sup> erfordert nicht selten ein umfassendes Re-engineering<sup>6</sup> des bestehenden Umweltinformationssystems, um die Systemkomponenten und den Datenfluss zwischen ihnen aufeinander abzustimmen.

Diese Aufgabe stellte sich auch im Rahmen der Fallstudie des UIS der Volkswagen AG.

## **1.2 Zielsetzung und Lösungsweg**

Zentrale Aufgabenstellung der Weiterentwicklung des UIS der Volkswagen AG ist die Konzeption eines integrierten Systems für Umweltinformationen. Erste Entwicklungstrends wurden durch ein durchgeführtes Projekt des Fraunhofer IAO<sup>7</sup> aufgezeigt. Als wesentliche Ergebnisse dieser Studie wurden eine Einteilung der bestehenden Systeme in zwei Gruppen (zu integrierende und nicht zu integrierende Systeme) sowie der damit verbundene Ansatz zur Integration über SAP-basierte<sup>8</sup> Standardsystemkomponenten aufgegriffen und durch das in diesem Projekt entwickelte Konzept detailliert fortgeführt. Gemäß dem aktuellen Stand der Softwareentwicklung wird der Einsatz der umweltschutzbezogenen SAP-Komponenten „Emissions Management“ (EM) und „Environment, Health and Safety“ (EH&S) vorgesehen. Abhängig vom Integrationsgrad durch SAP-Komponenten werden drei Systemumsetzungsstufen aufgestellt und erläutert. Zur effizienten Erfüllung der Reporting-Anforderungen, die sich nach einer Nutzwertanalyse<sup>9</sup> des Fraunhofer IAO als einer der relevantesten Aufgabenbereiche

---

<sup>4</sup> Als Standardsysteme werden weitverbreitete Systeme mit fester Funktionalität bezeichnet (z.B. MS-Office, SAP).

<sup>5</sup> Ein Integrationsansatz beschreibt in diesem Zusammenhang eine Methode bzw. ein Verfahren zur Einbettung oder Verknüpfung von Systemkomponenten.

<sup>6</sup> Der Begriff Re-engineering umschreibt die Untersuchung und Modifikation eines Systems zur erneuten Erstellung und der anschließenden Implementierung in einer neuen Form.

<sup>7</sup> Die Abkürzung IAO symbolisiert Institut, Arbeitswirtschaft und Organisation.

<sup>8</sup> Der Ausdruck des Standardsystems SAP bedeutet Systeme, Anwendungen, Produkte in der Datenverarbeitung.

<sup>9</sup> Der Nutzwert bezeichnet den bewerteten Vorteil unter einem oder mehreren Aspekten.



innerhalb der Umweltschutzabteilung herausstellten<sup>10</sup>, kommt ein SAP-basiertes Business Information Warehouse (BW)<sup>11</sup> zum Einsatz.

Als Ergebnis dieses Projektes wird das Gesamtsystem durch ein Szenario<sup>12</sup> anhand der Infrastruktur zwischen den einzelnen Komponenten beschrieben.

Zum Abschluss wird die Qualität des entwickelten Konzepts gegenüber dem aktuell im Einsatz befindlichen System durch Einordnung der drei Umsetzungsstufen und des bestehenden UIS in ein Entscheidungssystem und eine multikriterielle Auswertung mit Hilfe eines Verfahrens zur Entscheidungsunterstützung herausgestellt.

### **1.3 Struktur**

Das erste Kapitel dieses Werks umfasst eine Einleitung zur Beschreibung der zu Grunde liegenden Problemstellung und des entwickelten Lösungsansatzes.

Im zweiten Kapitel werden theoretische Hintergründe erläutert. Dazu gehören unter anderem UIS-bezogene gesetzliche Grundlagen und technische Methoden, vor allem bestehende Ansätze zur Systemintegration. Zur Vervollständigung der theoretischen Aspekte werden wesentliche Grundlagen zur Entscheidungstheorie erläutert.

Thema des dritten Kapitels bildet der Kernpunkt dieses Werkes, die Fallstudie UIS der Volkswagen AG. Darin setzt sich der erste Abschnitt genauer mit dem aktuellen Zustand des Volkswagen UIS auseinander. Analog zur chronologischen und argumentativen Ergebnisfindung wird zuerst das aktuell im Einsatz befindliche System beschrieben. Danach folgen wesentliche Ergebnisse des Projekts des Fraunhofer IAO in Form eines empfohlenen Systemszenarios. Um eine besondere Berücksichtigung der relevanten Fachaufgaben im zu entwickelnden Szenario zu ermöglichen, werden zu priorisierende fachliche Aufgabenbereiche anhand eines nutzwertbasierten Rankings<sup>13</sup> identifiziert.

Im zweiten Abschnitt wird ein Szenario für das entwickelte Konzept sowie für den aktuellen Systemzustand beschrieben. Als repräsentatives Beispiel für die

---

<sup>10</sup> zu den Reporting-Anforderungen vgl. Rey et al. (2003), S. 104f.

<sup>11</sup> Ein Business Information Warehouse umfasst eine Kombination aus Datenbanken und Datenbank-Managementsystemen zur Entscheidungsunterstützung im Management.

<sup>12</sup> Ein Szenario ist beispielsweise ein konkreter Ablauf in einem Anwendungsfall. Szenarien können in einem Sequenzdiagramm, Aktivitätsdiagramm oder auch in Textform beschrieben werden. Sie helfen u.a., das Verhalten eines Systems in einer bestimmten Situation wiederzugeben (Systemszenario).

<sup>13</sup> Mit Hilfe des nutzwertbasierten Rankings werden die vorliegenden fachlichen Aufgabenbereiche anhand ihres ermittelten Nutzwertes in eine Rangfolge gebracht.

Umsetzbarkeit des Systemkonzepts wird die Fachaufgabe VOC-Bilanzierung<sup>14</sup> zu Grunde gelegt. Es erfolgen eine Aufstellung fachlicher und technischer Anforderungen an die DV-Unterstützung und die Erstellung eines detaillierten Datenflussmodells<sup>15</sup>. Diese exakten Daten sind zur Umsetzung des neu entwickelten Gesamtkonzepts für jede Fachaufgabe zu ermitteln. Die Informationen der betrachteten Aufgabe können zur Umsetzung des Teilaufgabenbereichs VOC-Bilanzierung herangezogen werden.

Im darauf folgenden Abschnitt werden zur Bewertung des Ergebnisses die drei Umsetzungsstufen des entwickelten Szenarios sowie das aktuell im Einsatz befindliche System nach Kriterien, die auf Expertenwissen beruhen, eingeordnet. Die Anwendung eines multikriteriellen Verfahrens zur Entscheidungsunterstützung liefert daraufhin eine Präferenzempfehlung zugunsten eines der Konzepte. Den Abschluss bildet ein Ausblick auf Grundlage des entwickelten DV-Konzepts im Hinblick auf die Systemumsetzung.

---

<sup>14</sup> Die Abkürzung VOC bedeutet Volatile Organic Compound (flüchtige organische Zusammensetzung).

<sup>15</sup> Ein Datenflussmodell veranschaulicht den Weg von Informationen in einem System oder innerhalb eines Prozesses.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Motivation

Die Umsetzung von Betrieblichen Umweltinformationssystemen (BUIS)<sup>16</sup> ist abhängig von gesetzlichen und technischen Gegebenheiten. Umweltbezogene Gesetze definieren, beispielsweise in Form von Grenzwertvorgaben, ökologische Mindestanforderungen, die das Unternehmen mit Hilfe des BUIS zu dokumentieren hat. Sie beeinflussen die fachlichen Aspekte eines BUIS.

Ebenso wie Gesetzesänderungen eine Dynamik in Bezug auf die fachliche Ebene bilden, ist auch die technische Ebene Änderungen unterworfen. So wurden und werden laufend neue system- und softwaretechnische Methoden<sup>17</sup> entwickelt, die zur ökonomischen und effizienten Realisierung von Umweltinformationssystemen beitragen sollen.

Die stetige technische Optimierung, die durch die damit einhergehende Reduzierung des aufgabenbezogenen Abarbeitungsaufwands der Kostenreduzierung im Unternehmen dient, trägt in gewisser Weise zur Kompensierung der erhöhten Ausgaben bei, die durch strengere staatliche Umweltschutzverordnungen auf der fachlichen Seite verursacht werden.

Im Falle des UIS der Volkswagen AG existieren eine Vielzahl von fachlichen und technischen Anforderungen, die durch die bestehenden Stand Alone-Systeme<sup>18</sup> nicht mehr erfüllt werden können. Der Umfang der zu verarbeitenden Daten hat einen Grad erreicht, bei dem eine umfassende Analyse und Optimierung von Datenstruktur und Datenfluss zur Reduzierung der benötigten Speicherkapazität und Vermeidung von Redundanzen<sup>19</sup> in der Datenhaltung unumgänglich ist. Zur Prozessoptimierung in der DV-unterstützten Abarbeitung der Fachaufgaben ist eine Anbindung von Datenquellen erwünscht, so dass die Datenübermittlung weitgehend automatisiert erfolgen kann und die bisher unvermeidbare erneute manuelle Eingabe der Daten im Gesamtsystem

---

<sup>16</sup> Ein Betriebliches Umweltinformationssystem (BUIS) ist definiert als organisatorisch-technisches System zur systematischen Erfassung, Verarbeitung und Bereitstellung umweltrelevanter Informationen in einem Betrieb. Es dient in erster Linie der Erfassung betrieblicher Umweltbelastungen und der Planung und Steuerung von Umweltschutzmaßnahmen.

<sup>17</sup> Mit system- und softwaretechnischen Methoden sollen in diesem Zusammenhang Ansätze und Verfahren zur Realisierung des gesamten Systems (Module und Infrastruktur) bzw. der Funktionen der Komponenten bezeichnet werden.

<sup>18</sup> Ein Stand Alone-System besteht aus vollkommen funktionsfähigen Programmen, die keiner externen Softwareunterstützung bedürfen. In diesem Zusammenhang: Systeme ohne jegliche Anbindung externer Software.

<sup>19</sup> Mit Redundanz wird das mehrfache Vorhandensein von Daten in Bezug auf Datenbanken bezeichnet.

entfällt. Zudem kann langfristig nicht auf eine Plattformänderung durch den Einsatz eines aktuelleren Betriebssystems (Windows XP anstelle von Windows NT) verzichtet werden. Hierfür ist die Konvertierung der eingesetzten Datenbanksysteme zur Nutzung in Verbindung mit MS Access 2000 erforderlich. In dieser Version werden allerdings nicht mehr alle bisher genutzten Funktionen unterstützt, so dass ein erhöhter Umsetzungsaufwand entsteht. Obwohl der Nutzenzuwachs durch eine Anpassung des bestehenden UIS an diese Anforderungen sehr hoch wäre, steht er in keinem Verhältnis zum damit verbundenen Realisierungsaufwand.

Daraus ergibt sich die Forderung nach einem Re-engineering des UIS in Form eines integrierten Systems.

## 2.2 Gesetzliche Grundlagen

Für das Umweltverhalten eines Unternehmens existieren unternehmensinterne und unternehmensexterne Interessentengruppen (vgl. Abb. 2.1).

Die internen Interessenten bilden Mitarbeiter, die größtenteils Management-Tätigkeiten ausüben:

- Die *Geschäftsleitung* kontrolliert das Unternehmen als System. Als umweltrelevante Informationen dienen ihr die Ergebnisse durchgeführter Umweltaudits<sup>20</sup>.
- *Werksleitung und Beauftragte* beziehen Informationen zur Unternehmensführung aus ermittelten Kennzahlen, anhand aufgedeckter Schwachstellen und Risiken sowie aus Ergebnissen von Ökobilanzen<sup>21</sup>.
- *Bereichsleiter und Mitarbeiter* sorgen für die Erhebung und Pflege der Daten. Dazu dienen ihnen Stoff-/ Energiebilanzen, Stoff- und Anlageninformationen und durchgeführte interne Audits als Grundlage. Zusätzlich ist für diese Gruppe neben juristischen Daten die Betriebsstruktur von Interesse.

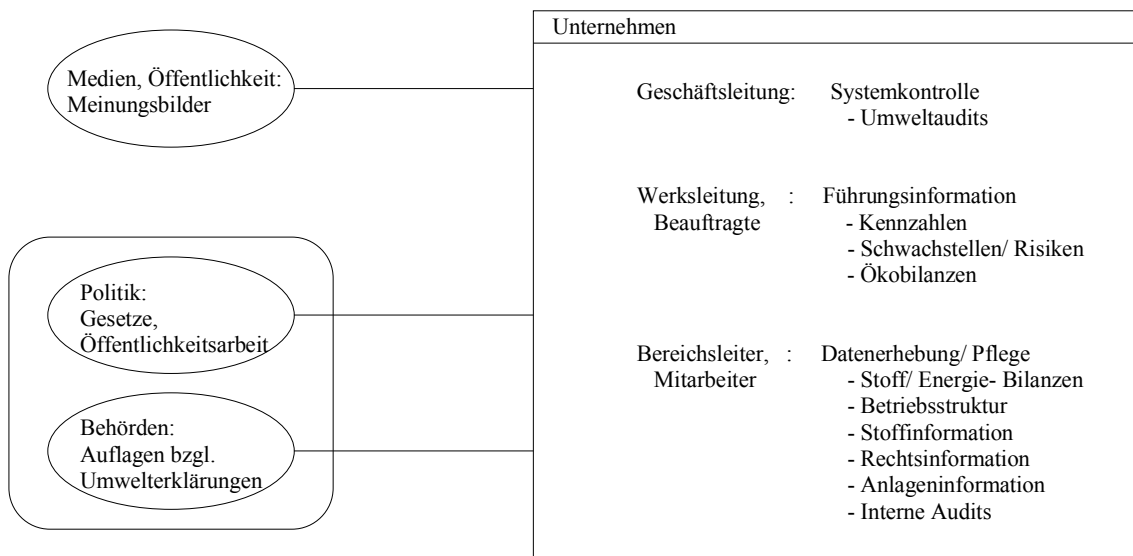
---

<sup>20</sup> Die entsprechende DIN-Definition lautet: "Audit ist die Beurteilung der Wirksamkeit des Qualitätssicherungssystems oder seiner Elemente." Auditierung bezeichnet den Vorgang des Audits.

<sup>21</sup> Eine Ökobilanz ist ein Ansatz zur Bewertung der Umweltwirkungen von Produkten und Dienstleistungen nach dem Konzept des „Lebenswegs“ (von der Wiege bis zur Bahre).

Als externe Interessenten lassen sich im wesentlichen zwei Gruppen unterscheiden:

- Die *Öffentlichkeit* ist an einer Vermeidung, Reduzierung bzw. Beseitigung der vom Unternehmen ausgehenden Umweltbelastungen interessiert<sup>22</sup>. Ihre Einstellung zum betrachteten Unternehmen äußert sich in Form von Meinungsbildern, die u.a. durch die Medien beeinflusst werden. Sie steht lediglich über ihr Konsumverhalten in einer Beziehung zum Unternehmen.
- *Behörden und Politik* sind ebenfalls an einer Umweltbelastungsbegrenzung interessiert, legen dagegen allerdings Auflagen und Gesetze fest, an die das Unternehmen gebunden ist. Über die Öffentlichkeitsarbeit besitzt die Politik zudem einen Einfluss auf die Interessentengruppe der Öffentlichkeit.



Vgl. Herrmann in Hilty et al. (1994), S. 131

Abb. 2.1: Einordnung des Umweltrechts

Gesetze und Verordnungen bilden somit einen Anlass zur Einführung von BUIS<sup>23</sup>.

Sie können vom Gesetzgeber festgelegte Grenzwerte, z.B. Emissionsgrenzwerte, beinhalten. Darüber hinaus verpflichtet der Gesetzgeber zur Generierung von umweltbezogenen Berichten und Bilanzen. Beispiele hierfür sind das Emissionskataster und die VOC-Bilanzierung<sup>24</sup>. In Industrieunternehmen sind zusätzlich Fertigungsanlagen vor ihrer Inbetriebnahme von staatlicher Seite zu genehmigen. Hierfür

<sup>22</sup> Vgl. Roth (1992), S. 3

<sup>23</sup> Vgl. Haasis, Hackenberg, Hillenbrand (1989), S. 46

<sup>24</sup> Bilanzierung der VOC-haltigen Materialien, die in einem Betrieb im Umlauf sind, VOC = Volatile Organic Compound (flüchtige organische Zusammensetzung)

existieren spezielle Genehmigungsverfahren, z.B. nach dem BImSchG<sup>25</sup> (vgl. Tab. 3.1). Die in diesem Zusammenhang gesammelten und ausgewerteten Daten zur Erzeugung der Berichtsdocuments dienen aber nicht nur dem Staat zur Kontrolle des Umweltverhaltens eines bestimmten Unternehmens. Vielmehr kann das Unternehmen durch den Einsatz eines BUIS als Instrument des Umweltmanagements selbst sein Umweltverhalten kontrollieren, analysieren und optimieren<sup>26</sup>.

Um einen Überblick über den Bereich Umweltrecht zu erhalten, werden im Folgenden beispielhaft einige umweltrelevante gesetzliche Vorschriften und Richtlinien nach Fachbereichen sortiert erläutert (vgl. Abb. 2.2). Die existierenden Umweltnormen, -gesetze und -richtlinien sowie ISO-Standards<sup>27</sup> lassen sich aufgrund ihres fachlichen Bezugs zugehörigen umweltrelevanten Aufgabenbereichen zuordnen.

---

<sup>25</sup> Die Abkürzung BImSchG bedeutet Bundesimmissionsschutzgesetz.

<sup>26</sup> Vgl. Haasis, Hackenberg, Hillenbrand (1989), S. 50

<sup>27</sup> Vgl. [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de);

[www.umweltministerium.bayern.de](http://www.umweltministerium.bayern.de);

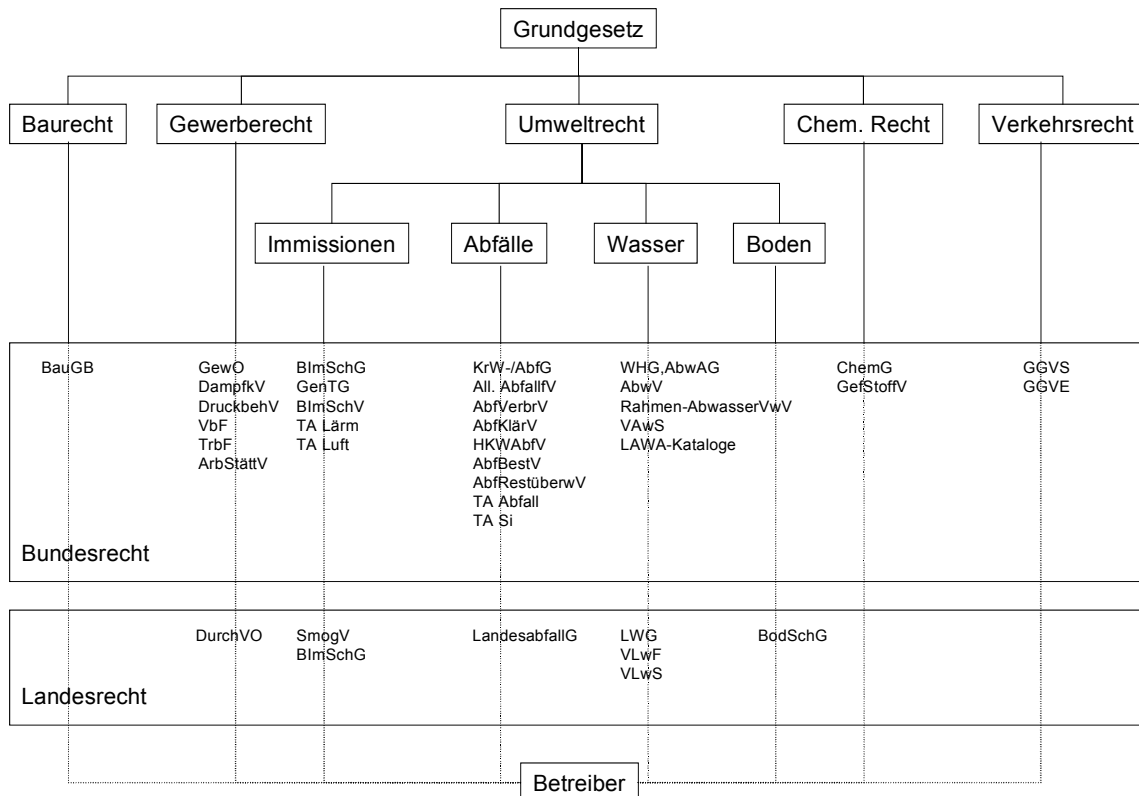
Rautenstrauch in UmweltWirtschaftsForum, Bauer (1997), S. 8;

Arndt (1997), S. 26;

UBMedia-Datenbank im VW-Intranet;

<http://www.u-plus.de>;

<http://www.umwelt-online.de>



Quelle: Rosenau-Tornow (2003), S. 4

Abb. 2.2: Umweltrecht der BRD

Das Umweltrecht stellt neben dem Baurecht, Gewerberecht, Chemischen Recht und Verkehrsrecht ein Teilgebiet aus der Menge der Verordnungen und Gesetze, die ein Unternehmen betreffen, dar. Diese Rechtsbereiche sind in Kombination mit dem Grundgesetz konfliktfrei anwendbar. Das Umweltrecht lässt sich weiter unterteilen nach den Kategorien Immissionen<sup>28</sup>, Abfälle, Wasser und Boden. Für ein Unternehmen als Betreiber technischer Anlagen sind Gesetze und Verordnungen des Bundes- und Landesrechts bindend. Der Betrieb einer Anlage an einem Arbeitsplatz ist nicht selten mit gewissen Auswirkungen auf die Umwelt verbunden. Dies kann beispielsweise in Form von *Immissionen* geschehen. Die zugehörigen Gesetze auf Bundesebene sind in Tab. 2.1 dargestellt.

<sup>28</sup> Immissionen sind auf Menschen, Tiere, Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter einwirkende Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnliche Umwelteinwirkungen.

Abkürzung	Bezeichnung	Inhalt
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz	Errichtung und Betrieb von genehmigungsbedürftigen Anlagen (z.B. Produktions- und Feuerungsanlagen)
GenTG	Gentechnikgesetz	Festlegung des rechtlichen Rahmens für die Erforschung, Entwicklung, Nutzung und Förderung der wissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten der Gentechnik  Regelung gentechnischer Anlagen, gentechnischer Arbeiten, von Freisetzungen gentechnisch veränderter Organismen und des Inverkehrbringens von Produkten, die gentechnisch veränderte Organismen enthalten oder aus solchen bestehen
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes	Es existiert eine Vielzahl an BImSchV für unterschiedliche Aspekte, u.a.: Genehmigungsverfahren (9. BImSchV), Störfallverordnung (12. BImSchV).
TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm	Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche, Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche.  Geltungsbereich: Anlagen nach zweitem Teil im Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG)
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft	Betreiber genehmigungsbedürftiger Anlagen haben nach den Grundsätzen des BImSchG zu handeln, Einhalten von Emissions- und Immissionswerten sowie Schwellenwerten gefordert

Tab. 2.1: Relevante Gesetze und Verordnungen im Bereich Umweltrecht – Immissionen auf Bundesebene

Zentrales Instrument des immissionsbezogenen Umweltrechts bilden das BImSchG und die zugehörige BImSchV. Diese regeln u.a. die Anforderungen für eine Genehmigung zur Inbetriebnahme von Anlagen. Auch die beschriebenen technischen Anleitungen beziehen sich auf das BImSchG. Das GenTG regelt gentechnikbezogene Aspekte.

Zusätzlich zum Bundesrecht ist das Landesrecht bindend. Tabelle 2.2 beinhaltet diesbezügliche Gesetze und Verordnungen aus dem Bereich Immissionen des Umweltrechts.



Abkürzung	Bezeichnung	Inhalt
SmogV	Smogverordnung	Regelung des Verhaltens bei Smoggefahr (Emissionen)
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz	s. Tab. 2.1

Tab. 2.2: Relevante Gesetze und Verordnungen im Bereich Umweltrecht – Immissionen auf Landesebene

Neben der Smogverordnung besitzt auch das BImSchG auf Landesebene Gültigkeit. Einen weiteren Teil des Umweltrechts bildet der Bereich *Abfälle*. Unter diese Kategorie fällt u.a. das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/ AbfG), das im Sinne der Kreislaufwirtschaft den Grundsatz „*Vermeidung vor Verwertung vor Beseitigung*“ (Marx Gómez (1991), S. 23) von Abfällen verfolgt. Der Bereich *Wasser* beinhaltet neben weiteren rechtlichen Bestimmungen die Verordnung des Ministeriums für Umwelt und Verkehr über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VAwS). Sie legt allgemeine Vorschriften für Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen wassergefährdender Stoffe, Anlagen zum Herstellen und Behandeln wassergefährdender Stoffe sowie Anlagen zum Verwenden dieser Stoffe im Bereich der gewerblichen Wirtschaft und im Bereich öffentlicher Einrichtungen fest und regelt ihre Überwachung. Ein Beispiel für ein Umweltgesetz im Bereich *Boden* bildet das Bodenschutzgesetz (BodSchG) auf Bundesebene. Es beinhaltet Vorschriften zur Überwachung und Maßnahmen bzgl. Belastung und Bewirtschaftung von Böden.

## 2.3 Technische Grundlagen

### 2.3.1 Angewandte Methoden

Die aktuell im Einsatz befindlichen BUIS sind im Allgemeinen *modular aufgebaut*<sup>29</sup>. Die Aufteilung eines Systems in Module besitzt einerseits den Vorteil der Strukturierung des Gesamtsystems durch klare Abgrenzung der Aufgabenbereiche. Dabei ist jedes Modul für die Erfüllung eines spezifischen Aufgabenbereichs zuständig. Durch diese Form der Trennung ist das jeweilige Modul an die ihm zu Grunde liegende Aufgabe besser anpassbar, da es auf die Bearbeitung allein dieser Anforderungen spezialisiert werden kann. Eine große Anpassungsflexibilität, die durch Module gegenüber Gesamtsystemen gewährleistet ist<sup>30</sup>, ist aufgrund der hohen Änderungsdynamik im Bereich des betrieblichen Umweltschutzes nötig. Darüber hinaus besteht ergänzend zur aufgabengetrennten Verarbeitung die Möglichkeit, dass die einzelnen Module über geeignete Schnittstellen miteinander kommunizieren, um

<sup>29</sup> Vgl. Kraus (1997), Abb. 5-48, 5-49, Arndt (1997), S. 153

<sup>30</sup> Vgl. Kraus/ Scheer in UmweltWirtschaftsForum, Bauer (1997), S. 13

Aufgaben übergreifend zu lösen. In diesem Punkt unterscheiden sich integrierte modulare Lösungen grundlegend von den zu Beginn der BUIS-Entwicklung weit verbreiteten „Insellösungen“<sup>31</sup>, die nur Teilfunktionen bzw. Teilaufgaben des fachlichen Aufgabenbereichs eines BUIS erfüllen und kommunikativ voneinander isoliert sind.

Die Aufgabenbereiche, die durch die jeweiligen Module abgedeckt werden, umfassen im Allgemeinen<sup>32</sup>

- *Stoffdatenmanagement*: In diesem Modul werden Stoffdaten, basierend auf DIN/ EG-Sicherheitsdatenblättern, verwaltet. Sie dienen allen weiteren Modulen als Grundlage.
- *Arbeitsschutz*: Dieses Modul beinhaltet Arbeitsplatz- und Tätigkeitsbeschreibungen sowie die Erstellung von Betriebsanweisungen.
- *Anlagenüberwachung/ Gefahrenabwehr*: Durch dieses Modul werden Umweltstandards überwacht, Störfälle verarbeitet und die zugehörigen aufgabenspezifischen Berichte erstellt.
- *Abfallmanagement*: Mit Hilfe dieses Moduls werden Abfälle und Reststoffe erfasst und verwaltet sowie die damit verbundenen Begleitscheine erstellt.
- *Gesetzesrecherche*: Dieses Modul dient der Auskunft und Verwaltung von Gesetzen und Vorschriften, Normen sowie technischen Regeln des Umwelt- und Arbeitsschutzes.

Neben diesen Modulen zur Abdeckung der Basisaufgaben sind, je nach aufgabenbezogenen Anforderungen, einige weitere Komponenten im Gebrauch.

Eine mögliche Ergänzung für ein BUIS stellt ein Geographisches Informationssystem (GIS)<sup>33</sup> dar. Es dient der graphischen Darstellung von Umweltinformationen mit Raumbezug<sup>34</sup>. Beispielsweise können auf diese Weise die Standorte ausgewählter Produktionsanlagen eines Industriebetriebes auf einer Karte dargestellt werden. Darüber hinaus ist es denkbar, zusätzlich zu den Standorten umweltrelevante Messwerte der Anlagen in der Ansicht einzublenden. Auch die Bereitstellung einer Funktionalität zur

---

<sup>31</sup> jeweils eine Lösung für beispielsweise Abfall, Abwasser, Luftemissionen, Gefahrstoffe etc., Vgl. Kürzl (2002), S. 14

<sup>32</sup> Vgl. Arndt (1997), S. 153

<sup>33</sup> Ein Geographisches Informationssystem ist eine Unterstützung zur Aufgabenerfüllung, die die Eingabe, Speicherung, Abfrage, Manipulation, Analyse und Ausgabe geographisch referenzierter Daten oder räumlicher geographischer Daten zur Entscheidungsunterstützung, Planung, Management von Landnutzung, natürlichen Ressourcen, Umwelt, Transport, städtischen Einrichtungen und anderen Verwaltungsleistungen ermöglicht.

<sup>34</sup> Vgl. Kramer in Hilty et al. (1994), S. 58

Entscheidungsunterstützung als integrierter Bestandteil eines UIS stellt eine sinnvolle Erweiterung dar. Das Gesamtsystem zeichnet sich durch eine höhere Entscheidungsqualität sowie verkürzte Bearbeitungszeit zur Unterstützung von Vorgängen in der Verwaltung von Umweltdaten und umweltbezogenem Verhalten des Unternehmens aus<sup>35</sup>.

Der effiziente Einsatz eines Betrieblichen Umweltinformationssystems ist neben fachlichen Aspekten auch mit gewissen Anforderungen an die *technischen Merkmale* verbunden. Eine wesentliche Grundlage bildet die Client-Server-Technologie<sup>36</sup>. Gegenüber den ursprünglich verwendeten Einzelplatzlösungen verfolgt dieses übergreifende Konzept das Grundprinzip der Integration. Die Stammdaten werden dabei in einer zentralen Serverdatenbank gespeichert. So werden die grundlegenden Informationen geordnet an einheitlicher Stelle gehalten, die Aufgabenbearbeitung kann hingegen dezentralisiert an den Client-Rechnern erfolgen (Prinzip der Aufgabenteilung). Der Server stellt auf Anfrage der Clients die erforderlichen Umweltdaten zur Verfügung<sup>37</sup>. Die Umsetzung von Schnittstellen zu Datenbanken anderer Quellsysteme ist jedoch mit einem erhöhten Aufwand verbunden. Weiteren Umsetzungsaufwand können unterschiedliche Plattformen an Server und Client-Rechnern verursachen, die eine softwareseitige Anpassung erzwingen, um Inkompatibilitäten zwischen den Systemen zu verhindern. Ebenso sind der Datenschutzaspekt zu berücksichtigen und benutzerdefinierte Zugriffsrechte festzulegen. Dies erfordert die Umsetzung einer komplexen Benutzersteuerung. Auf den Client-Rechnern bietet sich der Einsatz einer standardisierten Benutzeroberfläche an, damit überflüssige Lern- und Umgewöhnungszeiten vermieden werden und der Nutzer möglichst intuitiv in einer vertrauten Anwendungsumgebung arbeiten kann.

Damit eine Datenverarbeitung in den Anwendungen überhaupt erst möglich ist, ist die Datenerfassung<sup>38</sup> durchzuführen. Dabei können gewisse Informationen bereits im System gespeichert sein (z.B. Material- oder Personenstammdaten). In den meisten Fällen sind noch weitere Daten manuell einzupflegen. Hierfür wird dem Nutzer im Allgemeinen ein entsprechendes Frontend<sup>39</sup> zur Verfügung gestellt. Für die gespeicherten Daten gibt es keine universelle Datenbasis, die die erforderlichen Informationen für jede Problemlösung liefert. Die Erfassung der Daten, die zur

---

<sup>35</sup> Vgl. Seder et al. in Rautenstrauch/ Schenk (1999), S. 322

<sup>36</sup> Vgl. Kürzl (2002), S. 16

Bei der strikten Client-Server-Technologie besteht der Client meist nur aus einem Internetbrowser. Alle Arbeitsschritte sind zum Server ausgelagert. Der Client-Computer sendet nur die Eingabebefehle zum Server. Auf dem Server werden alle Informationen verarbeitet.

<sup>37</sup> Vgl. Kürzl, Machner in Hilty et al. (1994), S. 29

<sup>38</sup> Vgl. Löchelt (2000), S. 134

<sup>39</sup> Ein Frontend bildet den Ein- und Ausgabebereich der Benutzeroberfläche.

umweltbezogenen Fachaufgabenerfüllung benötigt werden, gilt als sehr aufwändig, da unterschiedliche Datenquellen von meist heterogenen Plattformen verwendet werden. Die Systemkomponenten des betrieblichen Umweltschutzes sind daher so weit wie möglich in die DV-Struktur des Unternehmens zu integrieren<sup>40</sup>.

Eine wichtige Rolle im Rahmen der Kommunikation und Informationsbereitstellung spielt auch in Bezug auf BUIS das Internet<sup>41</sup>. Es stellt durch seine offenen, plattformübergreifenden Standards (TCP/IP, HTML und Java) ein universelles Instrument zur Informationspräsentation dar. Diese richtet sich an externe Adressaten oder dient unternehmensintern zur Integration von verteilten Anwendungen, die auf unterschiedlichen Plattformen basieren. Die Realisierung verteilter Anwendungen kann dabei nach der CORBA erfolgen<sup>42</sup>. Eng verwandt mit der Beschreibungssprache HTML ist der Standard XML<sup>43</sup>, der sich aufgrund seiner strikten Trennung von Dokumentenstruktur und -layout vor allem für die plattformunabhängige Aufbereitung und Darstellung von Daten eignet. Hauptbestandteil des Standards XML sind drei Formen von Dokumenten<sup>44</sup>:

- Die Dokumenttypdefinition (DTD) dient als Regelsatz (Festlegen der Tags und Attribute)
- Das XML-Dokument legt die Struktur des Gesamtdokuments fest.
- Ein Dokument zum Festlegen des Layouts für die Präsentation

Als Softwareumgebung ist aufgrund ihres Vertrauheitsgrads und der Bereitstellung von Schnittstellen zu relationalen Datenbanksystemen und Tabellenkalkulationen sowie den damit verbundenen Datenim- und Exportfunktionen MS-Access<sup>45</sup> häufig im Gebrauch. Diese Software lässt sich beispielsweise als Basis mit den MS-Office-Komponenten MS-Excel oder MS-Word kombinieren. Als Browser für die zuvor erwähnte Inter-/Intranetunterstützung kann in diesem Fall der MS-Internet-Explorer dienen. Das gesamte Software-Paket besitzt den Vorteil einer einheitlichen Oberfläche (MS-Windows) für alle Komponenten. Der Datenaustausch zwischen den Komponenten läuft im Hintergrund ab und bleibt somit dem Anwender verborgen. Das Extrahieren von Daten verschiedenster Datenbanksysteme lässt sich dagegen per SQL-Befehle

---

<sup>40</sup> Vgl. Kramer in Hilty et al. (1994), S. 58

<sup>41</sup> Vgl. Kraus (1997), S. 242, Riekert/ Tochtermann in Rautenstrauch/ Schenk (1999), S. 199

<sup>42</sup> Vgl. Riekert/ Tochtermann in Rautenstrauch/ Schenk (1999), S. 199

<sup>43</sup> Der Begriff XML bedeutet extensible Markup Language.

Vgl. Hilty (2000), S. 3 und 5

<sup>44</sup> Vgl. Hanke (2000), S. 145

<sup>45</sup> Vgl. Löchelt (2000), S. 105, 109, 134

realisieren. Die auf diese Weise ausgelesenen Daten können teilweise automatisiert in andere Software-Komponenten (z.B. MS-Excel) übernommen werden<sup>46</sup>.

Die Architektur des Gesamtsystems besitzt einen entscheidenden Einfluss auf dessen spätere Erweiterbarkeit. Diese sollte in jedem Fall gewährleistet sein, da steigende gesetzliche Umweltanforderungen immer neue umweltrelevante Aufgaben bewirken und somit zusätzliche Systemkomponenten zur softwareseitigen Unterstützung der Aufgabenerfüllung benötigt werden. Einen möglichen Ansatz zur Systemarchitektur stellt die dezentrale offene Architektur<sup>47</sup> dar. Hierbei werden die Anwendungskomponenten nicht zentralisiert angebunden. Dadurch ist das System sukzessive um zusätzliche Anwendungen erweiterbar. Darüber hinaus ist das Umweltinformationssystem bereits funktionsfähig, wenn noch nicht alle geplanten Anwendungskomponenten realisiert sind. Beim Systemaufbau kann nach dem Prinzip des Baukastensystems<sup>48</sup> vorgegangen werden. Danach stehen neu hinzugefügte Komponenten (Softwaremodule oder Objekte) auch für zukünftig entwickelte Umweltanwendungssysteme als Bausteine zur Verfügung. Dies erspart langfristig einen nicht unerheblichen Implementierungsaufwand. Ein Beispiel für ein System nach dem Bausteinprinzip stellt SAP dar. Die Datenbeschaffung und –aggregation lässt sich über Data Warehouse-Systeme realisieren. Ein Data Warehouse besteht „[...] aus einer informativen Datenbank [...], in der statische, vergangenheitsorientierte Daten gehalten werden, die aus unterschiedlichen Quellen integriert wurden.“ (Kraus (1997), S. 235). Data Warehouse-Systeme<sup>49</sup> werden hauptsächlich eingesetzt, wenn Daten aus mehreren Quellen und unterschiedlichen Datenbanken stammen. Ein auf wenige Aufgabengebiete beschränktes Data Warehouse bezeichnet man als Data Mart. Es besitzt gegenüber dem umfassenderen Data Warehouse den Vorteil von geringeren Kosten und Erstellungsaufwand. Es lassen sich zudem auch mehrere Data Marts kombinieren, beispielsweise, indem sie einem weiteren Data Warehouse als Datenquelle dienen. Hauptvorteile eines Data Warehouse sind das Verbinden dezentraler Datenbestände sowie die Unterstützung vorgefertigter Analyseaufrufe (Queries)<sup>50</sup>.

Die eingesetzten BUIS lassen sich *verschiedenen Kategorien* zuordnen. Die Kategorie der *produktionsnahen BUIS*<sup>51</sup> hat in erster Linie die unternehmensinterne Informationsversorgung zum Ziel. Der Schwerpunkt der Aufgabenerfüllung liegt im produktions- und produktintegrierten Umweltschutz. Häufig bildet ein PPS-System<sup>52</sup> die

---

<sup>46</sup> Vgl. Hunscheid/ Becker in Hilty et al. (1994), S. 125

<sup>47</sup> Vgl. Kraus (1997), S. 233

<sup>48</sup> Vgl. Kramer in Hilty et al. (1994), S. 64

<sup>49</sup> Vgl. Kraus (1997), S. 235 ff.

<sup>50</sup> Vgl. Kraus/ Scheer in UmweltWirtschaftsForum, Bauer (1997), S. 15

<sup>51</sup> Vgl. Löchelt (2000), S. 76f., Arndt (1997), S. 164

<sup>52</sup> PPS-Systeme umfassen die Produktionsplanung und –steuerung.

Grundlage eines produktionsnahen BUIS. Der Aufgabenbereich dieses Systems liegt in der Verringerung und Vermeidung von Emissionen und Abfällen, der Reststoffverwertung und Unterstützung des Recyclings. Dazu werden beispielsweise Daten von PPS-Systemen und Daten eines Recyclinginformationssystems erweitert. Ein Beispiel eines produktionsnahen BUIS ist das System IWUS<sup>53</sup>. Es besteht aus einem Basis- und einem Umweltmodul. Das Basismodul stellt Funktionen eines PPS-Systems zur Verfügung. Mit Hilfe des Umweltmoduls erfolgt die Verwaltung, Bilanzierung und Bewertung von Umweltdaten.

*BUIS zur Erfüllung von Dokumentationsaufgaben*<sup>54</sup> sind aus der gesetzlich vorgeschriebenen Notwendigkeit entstanden, gewisse Berichte zur Kontrolle für die Behörden zu erstellen. Das Herzstück eines Dokumentations-BUIS bildet eine zentrale Stoffdatenbank, da Informationen über Stoffe und Materialien die Grundlage für die zu erstellenden Berichte bilden. In diesen Datenbanken werden die chemischen, physikalischen, toxikologischen oder ökologischen Eigenschaften der Materialien gespeichert. Im Fall von routinemäßig durchgeführten Berichtsaufgaben sorgt ein Dokumentenmanagementsystem<sup>55</sup> für die automatische Generierung. Ein Beispiel für die automatisierte Berichtserstellung stellt die automatische Erzeugung, Verwaltung und Versand von Sicherheitsdatenblättern im SAP EH&S-Modul dar.

*Integrierte BUIS*<sup>56</sup> verfolgen das Ziel, durch Zentralisierung der Erfüllung der Fachaufgaben und Zusammenfassung der Daten der einzelnen Informationssysteme Redundanzen in der Datenhaltung zu umgehen. Dabei werden möglichst alle Funktionalitäten der Einzelsysteme abgedeckt, um die Erfüllung sämtlicher Aufgaben zu gewährleisten. Die Integration führt dazu, dass einige Aufgaben in Teamarbeit zu lösen sind. Daher beinhaltet ein integriertes BUIS zudem Groupware-Funktionen<sup>57</sup>. Ein Beispiel für ein integriertes BUIS bildet das System Eco-Integral<sup>58</sup>. Dieses System beinhaltet verschiedene Funktionalitäten zur Bearbeitung von Umweltmanagementaufgaben. Zusätzlich soll es mit bestehenden betrieblichen Anwendungskomponenten integriert werden.

Die am weitesten verbreitete Form sind *BUIS auf der Grundlage von Stoff- und Energiebilanzen*<sup>59</sup>, die Ökobilanzen als Grundlage zur Ermittlung der Auswirkungen des

---

<sup>53</sup> für weitere Informationen vgl. Esser et al. in UmweltWirtschaftsForum, Bauer (1997), S.36ff.

<sup>54</sup> Vgl. Löchelt (2000), S. 79f.

<sup>55</sup> Ein Dokumentenmanagementsystem dient der Verwaltung und Recherche von Text- und Graphikdateien.

<sup>56</sup> Vgl. Löchelt (2000), S. 80f., Arndt (1997), S. 164

<sup>57</sup> Als Groupware werden rechnerbasierte Systeme zur flexiblen Unterstützung von Arbeitsgruppen bezeichnet.

<sup>58</sup> für weitere Informationen vgl. Krcmar et al. in UmweltWirtschaftsForum, Bauer (1997), S.28ff.

<sup>59</sup> Vgl. Arndt (1997), S. 164

Unternehmens auf die Umwelt besitzen. Dabei werden stoffliche und energetische Input- und Outputgrößen einander gegenübergestellt. Grundlage für eine Ökobilanzierung<sup>60</sup> bilden die Umweltschutzziele des Unternehmens. Eine Ökobilanz besteht aus einer Sachbilanz, die einen Erfassungsplan sowie die Datenerfassung beinhaltet und einer Wirkungsbilanz zur Auswertung. Auf Grund der Ergebnisse der Ökobilanzierung lassen sich geeignete Maßnahmen zur Verringerung der Umweltbelastungen ergreifen sowie Erfolgskontrollen durchführen. So bildet in vielen Unternehmen die Ökobilanz den ersten Schritt einer detaillierten Untersuchung der betrieblichen Umweltsituation<sup>61</sup>.

### 2.3.2 Notwendigkeit zur Weiterentwicklung

Die Ansätze und Methoden der Umsetzung betrieblicher Umweltinformationssysteme wurden im Laufe ihrer Entwicklung fortwährend den steigenden umweltbezogenen Anforderungen an Unternehmen angepasst und um technische Neuerungen problembezogen erweitert. Anlass zur Weiterentwicklung bereits bestehender Systeme bilden zum einen ökonomisch bedingte Gründe, die losgelöst von technischen Aspekten bestehen. Andererseits legen technische Gegebenheiten bestehender Systeme sowie aktuell mögliche technische Methoden Optimierungsmaßnahmen von BUIS nahe.

Einen Weiterentwicklungsgrund für BUIS stellen somit *Ökonomische Gründe* dar. In den vorangegangenen Abschnitten wurde auf den Nutzen und Einsatz von Managementsystemen für umweltrelevante Information eingegangen. Dabei wurde deutlich, welche betrieblichen und administrativen Vorteile der Einsatz derartiger Systeme bildet. Dies legt den Schluss nahe, für jegliche umweltrelevanten Aufgaben eigene Systeme dieser Art einzusetzen. In diesem Zusammenhang ist allerdings zu berücksichtigen, dass ein Unternehmen aus Verwaltungsaufwands-, Ordnungs- und nicht zuletzt Kostengründen nicht eine beliebig hohe Zahl von Managementsystemen einsetzen kann. Die zentrale Fragestellung lautet „wie viele Managementsysteme verträgt ein Unternehmen“ (Ott in Schimmelpfeng et al. (1998), S. 15). Denn voneinander isolierte Einzelsysteme arbeiten bei einer großen Anzahl eingesetzter Systeme, die umfangreiche potentielle Abhängigkeiten besitzen, uneffektiv. Die zum Teil doppelt gehaltenen Daten sowie die mangelnde Wiederverwendung ermittelter Ergebnisse in anderen Systemen sorgen für vermeidbar hohen Kapazitäts- und Performance-Aufwand. Um diese Nebeneffekte zu umgehen, sind die bestehenden Managementsysteme zielgerichtet zu integrieren. Dabei ist „[...] wichtigstes Ziel integrierter

---

<sup>60</sup> Eine Ökobilanzierung auf der Grundlage von Stoffstromnetzen wird softwareseitig durch Tools wie z.B. Umberto unterstützt.

<sup>61</sup> Vgl. Kytzia/ Siegenthaler in Hilty et al. (1994), S. 94

Systeme [...] die Nutzung von Synergien im Hinblick auf Systemaufbau, Systembetrieb und Systemdokumentation sowie Zertifizierung. [...] Man will die bestehenden und neuen Managementsysteme integrieren, um bestimmte Unternehmensziele besser erreichen zu können.“ (Ott in Schimmelpfeng et al. (1998), S. 15).

Einen Anlass zur Weiterentwicklung bestehender Systeme stellt aus fachlicher Sicht der Trend zum integrierten Umweltschutz<sup>62</sup> dar. Ziel des integrierten Umweltschutzes ist, umweltbezogene Aufgabenstellungen wie die Verminderung und Vermeidung von Emissionen und Abfällen sowie Reststoffentsorgung und Teileaufarbeitung nicht wie bislang isoliert, sondern u.a. auf der Grundlage von gemeinsamen Prozessketten und Produktionsverbund zu erfüllen. Im Sinne einer besseren Abstimmung zwischen praktischer Umweltschutzanwendung und zugehöriger Datenverarbeitung lässt sich dieser Integrationstrend auf Systemebene (z.B. durch integrative Datenstrukturen) fortführen. Die Verwendung eines integrierten Systems ist mit folgenden Vorteilen gegenüber isolierten Systemen verbunden<sup>63</sup>:

- Koordinierter Systemaufbau (Ordnungsaspekt) und eindeutige Aufgabenverteilung
- Anweisungen und Abläufe aufeinander abgestimmt
- Entfall von Doppelarbeiten und doppelter Datenhaltung
- Geringerer Aufwand auf Seiten des Personals (z.B. Wartung)
- Managementsystem genügt mehreren Standards  
(da Kombination mehrerer Systeme mit individuellen Standards)
- Bedarfsgerechtes Zusammenfassen oder fachliche Trennung von Zuständigkeiten
- Kooperation von Qualitäts-, Umwelt- und Sicherheitsexperten erhöht Unternehmensnutzen

Im Bereich Betrieblicher Umweltinformationssysteme ist die Integration und Mehrfachnutzung der Anwendungskomponenten der Fachbereiche Umweltschutz, Arbeitssicherheit, Qualitätsmanagement sowie Risiko- und Erfolgsmanagement etc. besonders zweckgebunden. Die SAP-Komponente EHS-Q Management (Environment, Health & Safety and Quality) weist in diese Richtung. In bestimmten umweltrelevanten Aufgabenbereichen ist eine Erweiterung des Funktionsumfangs bestehender Systeme nötig. So existieren im Bereich Abfallverwaltung bisher keine Systeme, die neben der

---

<sup>62</sup> Vgl. Haasis in Hilty et al. (1994), S. 41

<sup>63</sup> Vgl. Jahr in Schimmelpfeng et al. (1998), S. 59



eigentlichen Aufgabe der Handhabung von Daten zu Abfällen Hinweise auf alternative Entsorgungsmöglichkeiten oder Recycling-Möglichkeiten anbieten<sup>64</sup>. Allgemein werden integrierte Umweltsysteme „[...] wie auch die Gefahrstoff- und Abfallverwaltungen, dem an sie gestellten Bedürfnis nach Information über Ersatzstoffe, und Ersatzverfahren, die Rechtslage, sowie ExpertInnenadressen, Informationen über Forschung, Literatur etc. nicht gerecht. [...] Es wurde kein System gefunden, das Informationen über Ersatzstoffe enthält.“ (Hilty et al. (1994), S. 40). Im Rahmen der Systementwicklung stellt das unausgewogene Preis-/ Leistungsverhältnis<sup>65</sup> im Verlauf der Entwicklung ein weiteres Argument zur Überarbeitung eines BUIS dar. Denn im Verlauf eines Projektes gelten Kostenfestlegungen, auch aufgrund langer Genehmigungszeiten, für einen langen Zeitraum. Die Software-Alterungsrate ist in diesem Fall größer als die Kostenänderungsrate. Entwurf und Umsetzung monolithisch strukturierter Lösungen<sup>66</sup> besitzen zwar einerseits den Vorteil, durch Nutzung einer einheitlichen Hard- und Softwareplattform mögliche Inkonsistenzen zu umgehen. Allerdings sind Teillösungen noch nicht in ersten partiellen Realisierungsstufen des Systems verfügbar, und individuelle Anforderungen der Nutzer werden unzureichend berücksichtigt. Der Gebrauch einer alternativen Systemstrukturierung wäre zur weiteren Optimierung notwendig. Daneben sind die verwendeten BUIS häufig zu komplex für eine Einführung durch die Unternehmensleitung.<sup>67</sup>

Darüber hinaus spricht eine Reihe von *technischen Gründen* für eine Weiterentwicklung von BUIS. Derzeitige sowie zukünftige Entwicklungsmaßnahmen Betrieblicher Umweltinformationssysteme erfolgen über eine DV-technische Umsetzung zur Unterstützung einzelner umweltrelevanter Aufgabenbereiche. DV-Unterstützungen wurden ursprünglich zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit<sup>68</sup> im Rahmen der umweltbezogenen Aufgabenerfüllung realisiert. Auf Grund von gestiegenen fachlichen Anforderungen und technischen Realisierungsmöglichkeiten der Systeme ist nun eine Weiterentwicklung im Sinne eines Re-engineering<sup>69</sup> angebracht. Dieses Verfahren umfasst als Softwareweiterentwicklungsprozess sowohl einfache Wartungsaufgaben als auch Erneuerungen sowie den kompletten Austausch von Softwarekomponenten.

---

<sup>64</sup> Vgl. Sick in Hilty et al. (1994), S. 40

<sup>65</sup> Vgl. Arndt (1997), S. 154

<sup>66</sup> Vgl. Arndt (1997), S. 155

<sup>67</sup> Vgl. Arndt (1997), S. 156

<sup>68</sup> Vgl. Meuche in Schimmelpfeng et al. (1998), S. 50

<sup>69</sup> Vgl. Kutsche/ Röttgers (1999), S. 9

Es ist eine Reihe typischer Schwachpunkte bestehender Umweltinformationssysteme bekannt<sup>70</sup>:

- Mangelnde Konzepte zur methodischen Vorgehensweise evolutionärer und konsistenter Weiterentwicklung von bestehenden Systemen bei Beibehaltung ihrer Autonomie
- Statische Datenmodelle, Fach- und Klassenkonzepte (keine neuen Klassen hinzufügbare)
- Keine Reaktionsmöglichkeit auf Veränderungen von Fachanforderungen oder Nutzerwünschen im Betrieb mangels Flexibilität
- Keine Standardisierung (vor allem in Bezug auf Schnittstellen zu Standardsoftware)
- Unzureichender Zugriff von Metainformationssystemen auf Datenbestände
- Informationen unvollständig
- Systeme verwaltungsstrukturorientiert
- Anwendergruppen und Kompetenzprofile nicht klassifiziert (bzgl. Einsteiger/ Gelegentlicher Anwender/ Experte)
- Anfragengenerierung kompliziert
- UIS nicht hinreichend über (Web-)Schnittstellen administrierbar
- Online-Hilfen fehlen

Der in Bezug auf die Schwachstellen der Systeme häufig relevante Punkt der Starrheit stellt die Notwendigkeit einer Weiterentwicklung hin zu flexiblen Systemen in den Vordergrund. Zukünftige Entwicklungsmaßnahmen müssen auch eine Abkehr von den weit verbreiteten Insellösungen beinhalten, da der Bedarf an Information für zeitgemäße umweltrelevante Aufgaben durch diese isolierten Einzellösungen nicht mehr gedeckt werden kann<sup>71</sup>. Darüber hinaus müssen in diesen Fällen die Umweltdaten vom Anwender mühsam gesammelt, eingepflegt und anschließend per Ausdruck an weiterverarbeitende Stellen (z.B. Controlling) übergeben werden, wo sie erneut in ein System eingegeben werden. Neben dieser mehrfachen Durchführung bestimmter Aktivitäten hat das Vorgehen Redundanzen in der Datenhaltung zur Folge<sup>72</sup>.

---

<sup>70</sup> Vgl. Kutsche/ Röttgers (1999), S. 9

<sup>71</sup> Vgl. Kramer in Hilty et al. (1994), S. 55

<sup>72</sup> Vgl. Kürzl in Haasis, Hilty, Kürzl, Rautenstrauch (1995), S. 174

Umweltinformationssysteme nach neuestem wissenschaftlichem Stand sind daher modular aufgebaut und basieren auf Prinzipien der Objektorientierung<sup>73</sup>. Durch Einsatz der Objektorientierung wird sowohl eine Kommunikation zwischen den Komponenten des Systems als auch auf unkomplizierte Weise eine Erweiterung um Objekte bzw. Module für weitere Aufgaben ermöglicht. Der damit verbundene Vorteil der Ableitung von Objektmerkmalen bestehender Objekte ist beispielsweise unter dem Aspekt der Unterstützung von Mehrsprachigkeit vorteilhaft.

Neben dem systeminternen Informationsaustausch zwischen den einzelnen Systemkomponenten ist im Rahmen der Weiterentwicklung zusätzlich der Austausch von Daten mit externen Fremdsystemen<sup>74</sup> (z.B. Zulieferer, Behördensysteme), je nach Art der zugehörigen Fachaufgabe, zu berücksichtigen. Die Umsetzung dieses Aspektes führt zu einer betriebsübergreifenden Integration, die bis zur gemeinsamen Nutzung von Informationssystemkomponenten wie beispielsweise Gefahrstoffdatenbanken führen kann<sup>75</sup>. Bei der Umsetzung von Weiterentwicklungsmaßnahmen darf das Inter-/ Intranet als plattformunabhängiges Integrations- und Kommunikationsmedium<sup>76</sup> nicht fehlen. In neueren Konzepten steht ein Data Warehouse als Informationsbasis und zur betriebswirtschaftlichen Auswertung auf mehrere Systeme und Plattformen verteilter Daten<sup>77</sup> im Zentrum. Auch der Einsatz dieser Integrationskomponente legt zur Anpassung eine Modernisierung bestehender Systeme nahe. Außerdem besteht die Möglichkeit des Einsatzes eines Stoffstrommanagementsystems (SSM-Tool)<sup>78</sup>. Stoff- und Energieflüsse stellen als Grundlage für verschiedenste Messungen die Basis der Umweltdatenerfassung in einem Unternehmen dar<sup>79</sup>. Mit Hilfe von Stoffstrommanagementsystemen lassen sich Stoff- und Energieströme im Unternehmen abbilden und somit zielgerichtete Schritte zur Einsparung von Ressourcen sowie Abfall- und Abwasserreduzierungsmaßnahmen durchführen. Darüber hinaus bildet dieser Ansatz die Grundlage zum Einsatz einer optionalen Prozesskostenrechnung, die spezifischere Auswertungsmöglichkeiten erlaubt<sup>80</sup>. Einen weiteren Punkt im Rahmen von Weiterentwicklungen bildet die Unterstützung von Umweltverträglichkeitsprüfungen<sup>81</sup>,

---

<sup>73</sup> Vgl. Kramer in Hilty et al. (1994), S. 62f., Haasis, Hackenberg, Hillenbrand (1989), S. 50  
Objektorientierung bezeichnet eine Technik oder Programmiersprache, die Objekte, Klassen und Vererbung unterstützt. Ein Objekt ist nach der ISO eine Menge von Operationen und Daten.

<sup>74</sup> Vgl. Hunscheid/ Becker in Hilty et al. (1994), S. 128

<sup>75</sup> Vgl. Kraus (1997), S. 241

<sup>76</sup> Vgl. Kraus (1997), S. 242

<sup>77</sup> Vgl. Kraus (1997), S. 235ff.

<sup>78</sup> Mit Hilfe eines Stoffstrommanagement (SSM)-Tools lassen sich Stoff- und Energieströme abbilden und simulieren.

<sup>79</sup> Vgl. Haasis, Hilty, Kürzl, Rautenstrauch in Haasis, Hilty, Kürzl, Rautenstrauch (1995), S. 10

<sup>80</sup> Vgl. Meuche in Schimmelpfeng et al. (1998), S. 51

<sup>81</sup> Ein Beispiel für ein aufgabenspezialisiertes System, das Funktionalitäten zur Umweltverträglichkeitsprüfung bereitstellt, ist IBM EXCEPT.

um die zukünftige Umweltinformationssysteme zu erweitern sind<sup>82</sup>. Es existieren mehrere Arten von Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP)<sup>83</sup>:

- Anlagen-UVP
- Produkt-UVP
- Beschaffungs-UVP
- Risikoanalysen

### **2.3.3 Integrationsansätze für BUIS**

Nachdem der vorangegangene Abschnitt Argumente verdeutlicht hat, aus welchen Gründen bestehende Systeme, die nicht mehr dem aktuellen wissenschaftlichen und technischen Stand entsprechen, weiterentwickelt werden müssen, wird nun auf die Methoden des zentralen Weiterentwicklungsaspekts, der Integration, eingegangen. In dieser Hinsicht lassen sich vier wesentliche Formen von BUIS unterscheiden.

*Stand Alone-Systeme* waren bisher im betrieblichen Bereich am häufigsten im Einsatz<sup>84</sup>. Sie stellen isolierte nichtintegrierte Systeme (Insellösungen) dar und laufen auf Einzelplatzrechnern. Zur Datenhaltung der zu verarbeitenden Daten dienen lokale Datenbanken. Die bereits im Einsatz befindlichen Stand Alone-Systeme decken ein breites Aufgabenfeld ab. Dazu zählen die folgenden Bereiche<sup>85</sup>:

- Überwachung und Wartung von Anlagen
- Überwachung und Wartung im Abwasserbereich sowie zugehörige Berichte an Behörden
- Abfall- und Reststoffwirtschaft und Erstellung entsprechender Begleitscheine
- Laborautomation, Labormanagement
- Bereitstellung von Stoffdaten

---

<sup>82</sup> Vgl. Kramer in Hilty et al. (1994), S. 64

<sup>83</sup> für weitere Informationen vgl. Kaupe in UmweltWirtschaftsForum, Bauer (1997), S.65ff.

<sup>84</sup> Vgl. Löchelt (2000), S. 83f.

<sup>85</sup> Vgl. Löchelt (2000), S. 83

- Chemikalienmanagement und Gefahrstoffmanagement sowie Erstellung der zugehörigen Sicherheitsdatenblätter
- Ökobilanzierung, Ökocontrolling sowie Stoffstrommanagement

Stand Alone-Systeme besitzen weder Schnittstellen zu Quell- und Zielsystemen, noch zu parallelen Stand Alone-Systemen. Die Dateneingabe in diese Systeme erfolgt daher manuell.

Eine Weiterentwicklung dieser Systeme im Sinne der Integration bildet die Gruppe der *Add On-Lösungen*<sup>86</sup>. Sie besitzen einen modularen Aufbau, wobei jedes Modul eine eigene Aufgabe bzw. einen eigenen Aufgabenbereich erfüllt. Die Module sind als Teilsysteme miteinander vernetzt, so dass ein Datenaustausch zwischen den einzelnen Systemkomponenten möglich ist. In diesem Ansatz liefern u.a. zentrale Systeme (PPS-Systeme, Rechnungswesen etc.) Daten an die Gruppe der Stand Alone-Systeme, die diese dann in dezentraler Form verarbeiten. Diese Vorgehensweise bewirkt eine Entlastung der zentralen Systeme. Einen Nachteil von Add On-Systemen stellt der hohe Integrations- und Administrationsaufwand der Komponenten dar, die prinzipiell auf unterschiedlichen Plattformen laufen und voneinander verschiedene Ein- und Ausgabeformate unterstützen können. Einen Vorteil der modularen Systeme bildet ihre bessere Anpassbarkeit in Bezug auf dynamische Änderungen der fachlichen und technischen Anforderungen. So können einzelne modulare Teillösungen isoliert von den übrigen Modulen überarbeitet werden. Nach dem Add On-Prinzip ist neben der Erweiterung über Module zur fachlichen Aufgabenerfüllung auch ein Hinzufügen von modulübergreifenden allgemeinen Funktionalitäten (z.B. Planungs- und Steuerungskomponenten) realisierbar.

Liegt dem BUIS eine zentrale Datenbank für unternehmensweite Umweltdaten zu Grunde, bezeichnet man dieses integrative Konzept als *Monolith*<sup>87</sup>. An die Datenbank, die alle Daten zum betrieblichen Umweltmanagement beinhaltet, sind verschiedenste Anwendungskomponenten für den betrieblichen Umweltschutz angekoppelt, die den umfangreichen Datenpool zur Aufgabenerfüllung nutzen. Einen Nachteil des monolithischen Integrationskonzepts stellt die systembedingte Bereitstellung geeigneter Schnittstellen zu den Aufgabenerfüllungsmodulen sowie zu den Datenquellen dar. Ist keine Vernetzung mit den erforderlichen Quellsystemen möglich, sind auch beim Konzept des Monolithen diese Daten manuell einzugeben. Darüber hinaus erfordert eine Datenbank, die alle umweltrelevanten Unternehmensdaten umfasst, eine komplexe

---

<sup>86</sup> Vgl. Löchelt (2000), S. 88f.

<sup>87</sup> Vgl. Löchelt (2000), S. 90f.

Datenstruktur. Diese Form des Datenmanagements ist aber im Allgemeinen unflexibel in Bezug auf Änderungen oder Erweiterungen.

Als weitere Form der Integration besitzt das Konzept des *Data Warehouse*<sup>88</sup>, im Gegensatz zum Monolith, zwar ebenfalls eine zentrale Umweltdatenbank, zu den gespeicherten Informationen werden aber zusätzlich Metainformationen vorgehalten, die der entscheidungsorientierten Datenaufbereitung dienen. Um eine gewisse Aktualität der Daten zu gewährleisten, fließen diese in periodischen Abständen in die Datenbank ein. Im Allgemeinen sind mehrere unterschiedliche Systeme als Datenquellen vorhanden. In diesem Fall sind die einfließenden Daten zunächst geeignet zu transformieren, bevor sie in die komplexe Datenstruktur des Data Warehouses Eingang finden können. Da außerdem alle dort angepasst vorgehaltenen Daten bereits in den Quellsystemen vorkommen, ist eine gewisse Datenredundanz bei Anwendung dieses Konzepts unvermeidbar.

Die Integration eines Betrieblichen Umweltinformationssystems in einen Betrieb kann auf vier Ebenen betrachtet werden<sup>89</sup>.

Zum einen ist die *Integration in die vorhandene DV-Hardware-Systemstruktur* zu berücksichtigen. Häufig liegt den bestehenden Systemen eine heterogene Hardwareumgebung zu Grunde. In diesem Fall kann eine Integration des BUIS durch hypertextbasierte Systeme, kombiniert mit einem TCP/IP-Netzwerk, realisiert werden. Verteilte Datenbanksysteme können auf der Grundlage von Client-Server-Systemen integriert werden, wodurch Applikationen und Daten voneinander getrennt eingebettet werden. Auf diese Weise lassen sich auch Datenbanken von Systemen, die auf heterogenen Plattformen basieren, einbinden. Die umweltschutzbezogenen Fachapplikationen laufen auf den Client-Rechnern, der Datenzugriff kann dabei auf ein oder mehrere untereinander vernetzte Datenbanken erfolgen. Die Client-Applikationen lassen sich, im Gegensatz zu monolithischen Systemen, den Nutzeranforderungen besser angepasst realisieren.

Parallel zur Hardwareseite ist der *Integrationsansatz in die betriebliche Softwareumgebung* besonders relevant. Neben heterogenen Softwareumgebungen existieren „[...] vermehrt offene ganzheitliche betriebliche Standardanwendungen [...]“ (Löchelt (2000), S. 93). Ein Beispiel für ein System dieser Art ist SAP R/ 3<sup>90</sup>. „Solche Systeme bilden für die Integration die besten Voraussetzungen.“ (Löchelt (2000), S. 93).

---

<sup>88</sup> Vgl. Löchelt (2000), S. 91f.

<sup>89</sup> Vgl. Löchelt (2000), S. 92ff.

<sup>90</sup> Der Zusatz R/ 3 bedeutet Realtime-System, Version 3.

Einen weiteren Integrationsansatz stellen *verteilte integrierte Systeme*<sup>91</sup> dar. Dabei sind aufgabenspezialisierte Teilsysteme für die Erfüllung der fachspezifischen Systemanforderungen zuständig, und jedes Teilsystem erfüllt einen spezifischen Aufgabenbereich. Die einzelnen Systemeinheiten dienen als Datenlieferanten für bestimmte Teilsysteme, mit denen sie vernetzt sind.

Daneben muss eine *Integration* auch in *funktional-organisatorische Strukturen* erfolgen. Eine Voraussetzung dafür ist der Zugriff jeder integrationsbedürftigen Abteilung auf die für sie relevanten umweltbezogenen Daten. Zur Unterstützung einer breiten Datenmodifikation sollten die unterschiedlichen Abteilungen zudem die Möglichkeit zur dezentralen Pflege der Daten besitzen.

Schließlich muss eine *Integration* des BUIS auch in die *betriebliche Prozessstruktur* erfolgen. Danach sind die umweltbezogenen Aufgaben prozessorientiert sowohl betrieblich als auch überbetrieblich zu integrieren. Dieser Ansatz kann eine zusätzliche Eingliederung eines UIS oder GIS in das Gesamtsystem beinhalten.

Ein zentraler Integrationsaspekt ist die Unterscheidung zwischen der Addition und der Integration von Systemkomponenten. Während bei der Addition weitere Komponenten an ein bestehendes System angekoppelt werden, wird bei der Integration eine neue Komponente in der Weise eingebunden, dass ein insgesamt neues System entsteht. Dabei werden sowohl systembedingte Widersprüche als auch Überschneidungen zwischen den Komponenten eliminiert<sup>92</sup>. Hierfür ist das Erkennen von Unterschieden und Gemeinsamkeiten der beteiligten Komponenten<sup>93</sup> erforderlich. Bei umweltrelevanten Systemen sind diese Eigenschaften meist durch die fachbezogenen ökologischen Aspekte festgelegt<sup>94</sup>. Für Kommunikation und Datenaustausch zwischen den einzelnen Komponenten sind geeignete Schnittstellen bereitzustellen. Im Sinne der Wiederverwendbarkeit und Erweiterbarkeit ist es sinnvoll, sich bei deren Konstruktion an Standards von Schnittstellendefinitionen zu orientieren<sup>95</sup>. Zudem ist die Unterstützung der Sprache SQL im Hinblick auf Datenbanken vorteilhaft, die in Betrieblichen Umweltinformationssystemen eingesetzt werden<sup>96</sup>. Dadurch ist ein universeller und unkomplizierter Zugriff auf die bei komplexen Systemen häufig anzutreffenden heterogenen Datenbanksysteme möglich. Daneben wird SQL auch von zahlreichen Office-Anwendungen unterstützt, so dass sowohl auf der Input- als auch auf

---

<sup>91</sup> Vgl. Hunscheid/ Becker in Hilty et al. (1994), S. 130

<sup>92</sup> Vgl. Meuche in Schimmelpfeng et al. (1998), S. 41, Haasis in UmweltWirtschaftsForum Bauer (1997), S. 3

<sup>93</sup> Vgl. Jahr in Schimmelpfeng et al. (1998), S. 46

<sup>94</sup> Vgl. Henn/ Winter- Sattler in Schimmelpfeng et al. (1998), S. 115

<sup>95</sup> Vgl. Hunscheid/ Becker in Hilty et al. (1994), S. 129

<sup>96</sup> Vgl. Kraus (1997), S. 75

der Outputseite des Datentransfers SQL die standardisierte Basis für Schnittstellen bildet. Zur Förderung des Integrationsaspekts ist außerdem das Konzept der Business Objekte<sup>97</sup> vorteilhaft, da es in Bezug auf betriebliche Anwendungs- und Informationssysteme die notwendige Universalität bietet, um Integrationsaspekte zu fördern. Einerseits kann das Umweltmanagement auf diese Objekte zugreifen, andererseits ist es möglich, nach dem Prinzip der Objektorientierung eigene Umweltobjekte einzuführen<sup>98</sup>.

### 2.3.4 Entscheidungstheorie

Kernpunkt der Erläuterungen zur Entscheidungstheorie<sup>99</sup> bildet in diesem Werk das Fachgebiet der Multikriteriellen Entscheidungsunterstützung (MCDM). Dieses lässt sich differenzieren in die Gruppe der Multiattributentscheidungen (MADM) und die der Multi-Objective-Entscheidungen (MODM). Die erstgenannte Form zeichnet sich durch diskrete Lösungsräume aus, die zweite ist an stetige Lösungsräume gebunden.

Zunächst werden einige Grundlagen der Entscheidungstheorie näher erläutert. Ausgangspunkt bildet ein Entscheidungsproblem. In diesem treffen ein oder mehrere Entscheidungsträger (Individuum, Unternehmen etc.) eine Entscheidung (Wahl) zwischen mindestens zwei Alternativen (Handlungsalternativen, Aktionen, Strategien). Entscheidungen basieren auf subjektiven Präferenzen des Entscheidungsträgers. Daher müssen Verfahren zur Entscheidungsunterstützung diese Neigungen hinreichend berücksichtigen. Lösungsverfahren für komplexe betriebliche Entscheidungsprobleme umfassen im allgemeinen vier Schritte<sup>100</sup>.

1. Zuerst erfolgt eine Diagnose und Erkennung des Problems. Darauf aufbauend werden Unternehmensziele aufgestellt.
2. Im Rahmen einer Alternativensuche werden Strategien als mögliche Handlungsalternativen entwickelt.
3. Im Anschluss daran werden in der Modellbildung und Informationsverarbeitung Ergebnis- und Entscheidungstabellen gebildet. In einem Akzeptanztest wird der

---

<sup>97</sup> Eine Business Objekt-Komponente vertritt einen in Geschäftsprozessen aktiven Gegenstand, wobei mindestens Businessname und -definition, Attribute, Verhalten, Beziehungen und seine Constraints eingeschlossen sein müssen. Sie kann z.B. eine Person, einen Ort, einen Geschäftsprozess (z.B. eine Transaktion) oder ein Konzept darstellen. Sie ist eine Komponente auf Anwendungsebene, die man in verschiedenen Kombinationen benutzen kann.

<sup>98</sup> Vgl. Kürzl (2002), S. 17

<sup>99</sup> Vgl. Geldermann (1999), S. 78ff.

<sup>100</sup> Vgl. Geldermann (1999), S. 79



Erfüllungsgrad von Zielen und Restriktionen untersucht. Zur Auswahl der bevorzugten Alternative dient ein Präferenztest. Durch die nachfolgende Risikoanalyse werden mögliche Ergebnisse auf der Grundlage verschiedener Szenarien betrachtet. Eine Tradeoff-Analyse<sup>101</sup> zeigt das Alternativenverhalten bei konfliktären Zielen.

4. Schließlich werden die möglichen Handlungsalternativen bewertet und eine Alternative auf Grund der Ergebnisse der vorangegangenen Verfahren ausgewählt.

Die Entscheidungssituation lässt sich in einem Entscheidungsmodell veranschaulichen. Ein Entscheidungsmodell beinhaltet Ziele, Alternativen und Umweltzustände. An Entscheidungsvorgänge werden gewisse Anforderungen in Form von Kriterien gestellt. Zur vollständigen Erfassung sind alle entscheidungsrelevanten Aspekte durch Kriterien auszudrücken. Nicht berücksichtigte Kriterien dürfen das Entscheidungsergebnis nicht verfälschen. Kriterienüberschneidungen, die zu einer überhöhten Gewichtung einzelner Ziele führen würden, sind zu vermeiden, um Redundanzfreiheit sicherzustellen. Auch durch die Forderung der gegenseitigen Kriterienunabhängigkeit soll einer Überbewertung von Zielen entgegengewirkt werden. Eine weitere Grundlage der Entscheidungstheorie bilden Präferenzen. Besitzt eine Alternative im Vergleich zu allen anderen Kriterien die jeweils besten Ausprägungen, wird diese Alternative als perfekte Lösung bezeichnet. Daneben ist es möglich, dass Alternativen in den gesamten Kriterien im Vergleich zu einer oder mehreren anderen Alternativen schlechter abschneiden. Dann braucht diese dominierte Alternative in der weiteren Untersuchung nicht mehr betrachtet zu werden. In den meisten Fällen treten jedoch Zielkonflikte auf, wodurch eine Lösung des Entscheidungsproblems erst durch Anwendung zusätzlicher Entscheidungsregeln erfolgen kann. Als Formen von Präferenzen werden Höhen- und Artenpräferenz unterschieden. Durch die Höhenpräferenz wird die Vorteilhaftigkeit einer Alternative in Bezug auf das jeweilige Kriterium ausgedrückt. Mit Artenpräferenz wird die relative Vorteilhaftigkeit der Kriterien im Verhältnis zueinander bezeichnet. Sie entspricht der Gewichtung der Kriterien. Präferenzen werden mit Hilfe von Präferenzrelationen dargestellt. „Präferenzrelationen repräsentieren die Einstellungen des Entscheidungsträgers zu den Kriterienaussprägungen der betrachteten Alternativen.“ (Geldermann (1999), S. 86).

Wertmäßige Grundlage der Präferenzen bilden Nutzenfunktionen

$$u: Z \rightarrow U \subset \mathbb{R}, z(a) \rightarrow u(z(a)),$$

$z(a)$  Zielerreichungsgrad von Alternative  $a$ .

---

<sup>101</sup> Eine Tradeoff-Analyse ist eine systematische Untersuchung aller Faktoren eines Systems.

Die Nutzenfunktion ermöglicht das Ermitteln der Alternative, die den größten Nutzen besitzt. Auf dieser Basis können vier Arten von Präferenzrelationen aufgestellt werden<sup>102</sup>.

- Präferenzrelation R (aRb: Alternative a wird mindestens so gut eingeschätzt wie Alternative b)

- Strikte Präferenzrelation P (Alternative a wird b echt vorgezogen):

$$aPb \Leftrightarrow aRb \text{ und nicht } bRa$$

- Indifferenzrelation I (Beide Alternativen werden gleichwertig angesehen):

$$aIb \Leftrightarrow aRb \text{ und } bRa$$

- Nichtvergleichbarkeitsrelation N  
(Die Alternativen sind nicht miteinander vergleichbar):

$$aNb \Leftrightarrow \text{nicht } (aRb) \text{ und nicht } (bRa)$$

Die Relevanz eines einzelnen Kriteriums für das Gesamtproblem wird in Form von Gewichtungen im Vergleich zu den übrigen Kriterien ausgedrückt. Gewichtungsfaktoren sind, im Gegensatz zu Kriterienausprägungen, subjektive Größen. Sie werden durch den Gewichtungsfaktor  $w_k$ , das Gewicht, als nichtnegative Zahl ausgedrückt, wobei  $\sum_{k=1}^K w_k = 1$  als Normierung des Gewichts auf das Intervall  $[0,1]$  gewährleistet sein muss.

Nach dem Denkansatz der französischen Philosophie liegt beim Entscheider kein Wissen über sein Präferenzverhalten vor. *Entscheidungsunterstützungssysteme* dienen ihm im Rahmen der strategischen Planung als Hilfestellung für Entscheidungsvorgänge<sup>103</sup>. Die Bearbeitung von Entscheidungsproblemen auf der Grundlage mehrerer diskreter Alternativen kann über MADM-Verfahren (Multi Attribute Decision Making) erfolgen. Grundlage des vorliegenden Entscheidungsproblems bildet eine Zielerreichungsmatrix.

---

<sup>102</sup> Vgl. Geldermann (1999), S. 87

<sup>103</sup> Vgl. Geldermann (1999), S. 89

$$Z := (z_{tk})_{\substack{t=1,\dots,T \\ k=1,\dots,K}}$$

$$Z = \begin{bmatrix} z_{11} & \cdots & z_{1K} \\ \vdots & z_{tk} & \vdots \\ z_{T1} & \cdots & z_{TK} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1(a_1) & \cdots & f_K(a_1) \\ \vdots & f_k(a_t) & \vdots \\ f_1(a_t) & \cdots & f_K(a_T) \end{bmatrix}$$

$z_{tk} = f_k(a_t)$  Zielerreichungsgrad von Alternative  $a_t$  bezüglich Kriterium  $f_k$ .

Zur Gruppe der MADM-Verfahren zählen unter anderem die Outranking-Verfahren ELECTRE<sup>104</sup> und PROMETHEE<sup>105</sup>. Diese Verfahrensklasse basiert auf kardinaler Information über die Kriterien.

Der Gruppe der *Outrankingverfahren (Prävalenzverfahren)* liegt zur Lösungsermittlung der Vergleich jeweils zweier Alternativen hinsichtlich der Präferenzvorstellungen des Entscheidungsträgers zu Grunde. Die sich daraus ergebenden Präferenzrelationen bedürfen im Vergleich zur Bewertung der einzelnen Kriterienausprägungen weniger Information. Die Outranking-Verfahren verwerten auch Informationen bzgl. Unvergleichbarkeit und schwachen Präferenzen von Kriterien. Zur Anwendung der Verfahren sind die folgenden Daten bereitzustellen<sup>106</sup>:

- *Gütebewertung der Aktionen* in Bezug auf das jeweilige Kriterium für alle Aktionen und Kriterien
- *Gewicht* entsprechend der Bedeutung des jeweiligen Kriteriums, für jedes Kriterium
- *Indifferenzschwelle  $q$  bzw. Indifferenzschwellenfunktion* für jedes Ziel zur Angabe, welche Kriterienausprägungen gleichwertig sind (falls Situation gegeben)
- *Präferenzschwelle  $p$  bzw. Präferenzschwellenfunktion* zur Angabe der Differenz der Kriterienausprägungen, ab der eine Alternative im Vergleich zu einer zweiten zu bevorzugen ist.

Um die Kompensationsmöglichkeit von guten und schlechten Erfüllungsgraden auf die wesentlichen Fälle zu beschränken, wird der klassische Präferenzbegriff erweitert durch

Schwache Präferenz:  $a_t Q a_{t'} \Leftrightarrow$  Alternative  $a_t$  wird  $a_{t'}$  schwach vorgezogen

Unvergleichbarkeit:  $a_t R a_{t'} \Leftrightarrow$  Alternative  $a_t$  und  $a_{t'}$  sind nicht vergleichbar.

<sup>104</sup> Der Begriff ELECTRE bedeutet Elimination Et Choice Translation Reality.

<sup>105</sup> Der Begriff PROMETHEE bedeutet Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluations.

<sup>106</sup> Vgl. Geldermann (1999), S. 99

Ein Ergebnis der Outranking-Verfahren bildet eine partielle Präordnung. Diese reflexive, transitive Relation bildet auch schwache Präferenzen und Unvergleichbarkeiten von Alternativen ab.

Das Verfahren *PROMETHEE* wurde von J.P. Brans et al. entwickelt und gebraucht vom Entscheidungsträger problembezogen bestimmbare verallgemeinerte Kriterien anstelle von Schwellenwerten. Die Festlegung kann für jedes einzelne Kriterium  $k$  erfolgen.

$$p_k(f_k(a_t) - f_k(a_{t'})) = p_k(d) \in [0,1]$$

Dabei kann der Präferenzgrad einer Alternative Zustände von der Indifferenz ( $p_k(d) = 0$ ) bis zur strikten Präferenz ( $p_k(d) = 1$ ) annehmen. Diese Präferenzvorstellungen lassen sich über alle Ausprägungsdifferenzen als Präferenzfunktionen darstellen. Sie ordnen jeder Differenz von Kriterienaussprägungen einen Präferenzwert zu.

Der wesentliche *Ablauf des Entscheidungsunterstützungsverfahrens PROMETHEE* lässt sich in sechs Schritten beschreiben<sup>107</sup>.

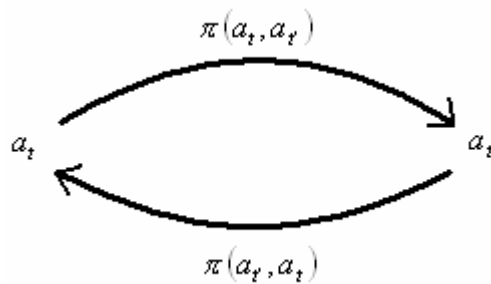
1. Bestimme für jedes Kriterium  $k$  eine verallgemeinerte Präferenzfunktion  $p_k(d)$ .
2. Bestimme einen Kriteriengewichtungsvektor  $w^T = [w_1, \dots, w_K]$ .
3. Bestimme für alle Alternativen  $a_t, a_{t'} \in A$  die folgende Outranking-Relation  $\pi$ :

$$\pi : \begin{cases} A \times A \rightarrow [0,1] \\ \pi(a_t, a_{t'}) = \sum_{k=1}^K w_k * p_k(f_k(a_t) - f_k(a_{t'})) \end{cases}$$

Der Präferenzindex stellt dabei ein Maß für die Stärke der Präferenz einer Alternative  $a_t$  gegenüber einer Alternative  $a_{t'}$  bei gleichzeitiger Beachtung aller Kriterien dar (vgl. Abb. 2.3).

---

<sup>107</sup> Quelle: Geldermann (1999), S. 104f.



Quelle: Geldermann (1999), S. 105

Abb. 2.3: Outranking-Graph

4. Als Maß für die Stärke einer Alternative  $a_i$  ist für alle  $a_i \in A$  der Ausgangsfluss (Phi Plus) zu berechnen:

$$\phi^+(a_i) = \frac{1}{T-1} * \sum_{\substack{i'=1 \\ i' \neq i}}^T \pi(a_i, a_{i'}) .$$

5. Als Maß für die Schwäche einer Alternative  $a_i$  ist für alle  $a_i \in A$  der Eingangsfluss (Phi Minus) zu berechnen:

$$\phi^-(a_i) = \frac{1}{T-1} * \sum_{\substack{i'=1 \\ i' \neq i}}^T \pi(a_{i'}, a_i) .$$

6. Auswertung der Outranking-Relation:

Das Verfahren PROMETHEE I bestimmt aus dem Vergleich der Eingangs- und Ausgangsflüsse eine partielle Präordnung<sup>108</sup> und bildet somit neben Präferenz und Indifferenz insbesondere auch Unvergleichbarkeiten zwischen Alternativen ab.

PROMETHEE II bestimmt dagegen aus der Differenz der Ausgangs- und Eingangsflüsse die sogenannten Nettoflüsse (Phi Netto) und gelangt mit Hilfe dieser Bewertung zu einer vollständigen Präordnung der untersuchten Alternativen. Die hierdurch auftretende Kompensation zwischen Eingangs- und Ausgangsflüssen ist jedoch gerade bei der Berücksichtigung umweltorientierter Kriterien, wie Emissionen verschiedener Schadstoffe in die Medien Wasser, Luft und Boden, bei der integrierten Technikbewertung nicht erwünscht.

<sup>108</sup> Präordnung: engl. Preorder

Neben der Aufstellung entscheidungsrelevanter Kriterien ist deren Gewichtung von entscheidender Bedeutung. Zur Bestimmung dieser Faktoren existiert eine Reihe von Verfahren.

Beim *Trade off-Verfahren* bilden Substitutionsraten zwischen jeweils zwei Kriterien die Grundlage zur Ermittlung der Gewichtungen. Die Substitutionsrate gibt dabei an, wie viel Mehrererfüllung des einen Kriteriums gleichwertig zu einer Minderererfüllung des anderen Kriteriums ist. Sind nur wenige mögliche Kriterienaussprägungen vorhanden (keine kontinuierliche Wertefunktion), ist der Vergleich nur eingeschränkt möglich. Außerdem kann ein sehr hoher Präferenzunterschied zweier benachbarter Ausprägungen unter Umständen nicht durch andere Ausprägungen kompensiert werden.

Das *Swing-Verfahren* ermittelt die Gewichtungen aus Punktbewertungen der verschiedenen Alternativen. Basierend auf einer messbaren Wertfunktion werden für die einzelnen Alternativen die Wertunterschiede zu einer (künstlich konstruierten) schlechtesten denkbaren Alternative ermittelt. Zur Errechnung der Gewichte existiert eine Formel:

$$w_k = \frac{r_k}{\sum_{k=1}^K r_k} \text{ mit } r_k : \text{Punktbewertung für Kriterium } k.$$

Einen Nachteil des Verfahrens bildet die künstlich zu konstruierende schlechteste denkbare Alternative.

Beim *Direct Ratio-Verfahren* werden die Kriterien nach ihrer Wichtigkeit geordnet. Danach werden je zwei Kriterien miteinander verglichen und bewertet. Zur Bestimmung der Gewichtungen existiert wiederum eine Formel.

$$w_k = \frac{w'_k}{\sum_{k=1}^K w'_k}$$

mit  $w'_k$  : subjektive Wichtigkeit des Kriteriums  $k$  im Vergleich zum nächstunwichtigeren Kriterium. Bei der subjektiven Wertevergabe sind allerdings die tatsächlichen Kriterienaussprägungen zu berücksichtigen.

In *Saaty's Eigenvektormethode* werden Paarvergleiche mit Zahlen in Quotientenform anhand einer Paarvergleichsmatrix und einer neun Punkte-Skala bewertet. In einer konsistenten Paarvergleichsmatrix symbolisiert der Eigenvektor dieser Matrix den Gewichtungsvektor. In einer inkonsistenten Paarvergleichsmatrix zeigt ein sogenannter

Konsistenzindex den Grad der Abweichung an. Dieser darf einen festgelegten Grenzwert nicht unterschreiten.

Nach der *Direct Choice-Methode* wird der Gewichtungsvektor durch Festlegen der Wichtigkeit der Kriterien ohne grundlegendes Verfahren in Bezug auf die gesamte Entscheidungssituation (holistisch) festgelegt. Zur Unterstützung können Klassifikationsfaktoren (ABC-Analyse) oder eine sachlogische Kriterienhierarchie verwendet werden.

Zur *Interpretation der generierten Lösung* bietet sich die Durchführung einer *Sensitivitätsanalyse* an. Schon vor Anwendung des multikriteriellen Entscheidungsverfahrens können positive und negative Abweichungen der Kriterienausprägungen vom zugehörigen Mittelwert graphisch dargestellt werden. Zusätzlich lassen sich die Kriterienauswertungen mit den jeweils schlechtesten und besten Werten ( $x_{\min} = 0$  und  $x_{\max} = 1$ ) vergleichen. Die Aufstellung einer Rangfolge für jedes Kriterium bildet eine übersichtliche Darstellung bei vertretbarem Aufwand. Die der Entscheidungssituation zu Grunde liegenden Alternativen werden dabei nach ihren Kriterienausprägungen sortiert und Rangplätzen zugewiesen. Besitzen zwei Alternativen bezüglich eines Kriteriums die gleichen Ausprägungen, erhalten sie den gleichen Rang. Anhand dieser Darstellung sind Zielkonflikte noch vor der Durchführung des Outranking-Verfahrens erkennbar. Auch ein Dominanztest, der zur Ermittlung dominierter Alternativen dient, wird damit veranschaulicht. Die optionale Sensitivitätsanalyse trägt zu einer Versachlichung der Entscheidungsfindung bei<sup>109</sup>, indem sie genauer auf den Zusammenhang zwischen der Lösung des multikriteriellen Entscheidungssystems und den subjektiv gewählten Gewichtungsfaktoren eingeht.

Zunächst werden Indifferenzintervalle ermittelt, indem für jede Alternative die Nettoflüsse, bezogen auf die betrachteten Kriterien, gebildet werden<sup>110</sup>.

- Für die ursprünglich gewählte Gewichtung  $w_k$  des Kriteriums  $k$
- Für die gewählte Gewichtung abzüglich der Gewichtung des Kriteriums, das betrachtet wird
- Allein für die Auswertung des betrachteten Kriteriums

Diese Nettoflüsse liegen auf Grund ihrer linear-additiven Berechnung auf einer Geraden.

---

<sup>109</sup> Vgl. Geldermann (1999), S. 132

<sup>110</sup> Vgl. Geldermann (1999), S. 132

Das Insensitivitätsintervall ist durch die Schnittpunkte der Geraden für alle Alternativen  $g(w_k, a_t)$ , die zwischen 0% und 100% liegen und sich am nächsten zur Ausgangsgewichtung befinden, gegeben.

$$\begin{aligned}
 g(w_k, a_t) &= g(w_k, a_{t'}) \\
 \Leftrightarrow \phi_0^{net}(a_t) + (\phi_1^{net}(a_t) - \phi_0^{net}(a_t)) * w^* &= \phi_0^{net}(a_{t'}) + (\phi_1^{net}(a_{t'}) - \phi_0^{net}(a_{t'})) * w^* \\
 \Leftrightarrow w^* &= \frac{\phi_0^{net}(a_t) - \phi_0^{net}(a_{t'})}{\phi_1^{net}(a_{t'}) - \phi_0^{net}(a_t) - \phi_1^{net}(a_t) + \phi_0^{net}(a_t)}
 \end{aligned}$$

mit  $w^*$  = Gewichtung des Kriteriums k im Schnittpunkt der Geraden  $g(w_k, a_t)$  und  $g(w_k, a_{t'})$

$\phi_0^{net}(a_t)$  = Präferenzindex der Alternative  $a_t$  für  $w_k = 0$

$$= (\phi^+(a_t) - \pi(a_t, a_{t'}) - \phi^-(a_t) + \pi(a_{t'}, a_t)) / \left( \left( \sum_{k=1}^K w_k \right) - w^* \right)$$

mit  $w_k$  als ursprünglich gewählte Gewichtung für das betrachtete Kriterium k

$\phi_1^{net}(a_t)$  = Präferenzindex für die Alternative  $a_t$  bei einer Gewichtung des betrachteten Kriteriums  $w_k = 100\%$  <sup>111</sup>

Mit Hilfe des PROMETHEE II-Verfahrens in Kombination mit der Sensitivitätsanalyse können bei relativ wenig Rechenaufwand Aussagen über mögliche Änderungen der ermittelten Rangfolge getroffen werden <sup>112</sup>.

Durch eine aussagefähige graphische Darstellung (s. Abb. 2.4), in der die Präferenzgeraden der betrachteten Alternativen in ein Diagramm ausgegeben werden, das die Größen Gewichtung des betrachteten Kriteriums und relative Präferenz zueinander in Beziehung setzt, können Zusammenhänge im zu Grunde liegenden Entscheidungsproblem aufgezeigt werden. Die Aussage dieser Darstellung wird durch die partielle Präordnung aus der multikriteriellen Auswertung unterstützt. Zur Erstellung der partiellen Präordnung kann eine Ordnung der Alternativen nach der Höhe ihrer Nettoflüsse <sup>113</sup> erfolgen. Das Insensitivitätsintervall beschreibt die Umgebung der Ausgangsgewichtung eines Kriteriums, in dem sich die Präferenzgeraden nicht schneiden, bei unveränderter Gewichtung der übrigen Kriterien. Das Intervall dient dem Entscheidungsträger als Information, inwieweit er die Wahl der Gewichtungsfaktoren der Kriterien überprüfen sollte. Es zeigt den Bereich, in dem die Gewichtung des zu

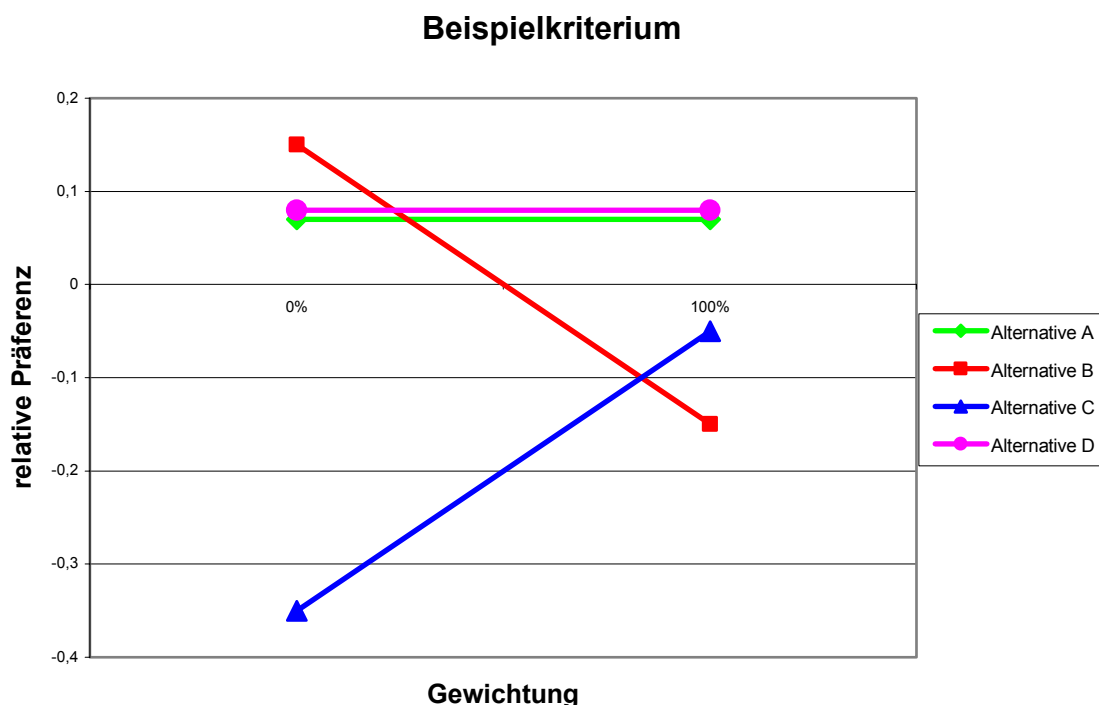
<sup>111</sup> Quelle: Geldermann (1999), S. 132

<sup>112</sup> Vgl. Geldermann (1999), S. 133

<sup>113</sup> Vgl. Geldermann (1999), S. 188f.



Grunde liegenden Kriteriums ohne eine Auswirkung auf das Ergebnis des Entscheidungsverfahrens geändert werden kann<sup>114</sup>. Je enger die Grenzen des Insensitivitätsintervalls sind, umso empfindlicher ist die Gewichtung des entsprechenden Kriteriums. Ist die Gewichtung von Kriterien über ein relativ großes Intervall insensitiv, ist eine Überprüfung dieser Gewichtung nicht zwingend erforderlich<sup>115</sup>. Entscheidend ist in diesem Zusammenhang ein großer Abstand des gewählten Gewichtungswerts des betrachteten Kriteriums zu den Intervallgrenzen. Die Geraden der jeweiligen Kriterien veranschaulichen die Abhängigkeit der Rangfolgen von den Kriteriengewichtungen, indem sie den relativen Präferenzgrad der Alternative zur jeweils gewählten Gewichtung angeben.



Vgl. Geldermann (1999), S. 133

Abb. 2.4: Beispiel einer graphischen Darstellung der Sensitivitätsanalyse

Nach der Erläuterung der theoretischen Hintergründe in diesem Abschnitt findet im folgenden Kapitel eine Entscheidungsunterstützung mit Hilfe des PROMETHEE-Verfahrens Anwendung in der Praxis. Die für diesen Fall vorliegende Entscheidungssituation wird durch zwei unterschiedliche Szenarien für ein Umweltinformationssystem gebildet, deren Aufbau, Struktur und Funktion zuvor beschrieben wird.

<sup>114</sup> Vgl. Geldermann/ Rentz, S. 3f.

<sup>115</sup> Vgl. Geldermann (1999), S. 134

### **3 Fallstudie UIS Volkswagen AG**

#### **3.1 Grundzüge der Problemstellung**

Zentrales Thema des dritten Kapitels ist die Erstellung eines Konzepts für ein betriebliches Umweltinformationssystem. Die im zweiten Kapitel beschriebenen Methoden aus den Grundlagen zur Theorie von BUIS fließen im Rahmen eines praxisbezogenen Fallbeispiels in das neuentwickelte Systemkonzept ein.

Ausgangssituation bildet das in der Abteilung Umweltplanung der Volkswagen AG im Einsatz befindliche Umweltinformationssystem. Das System ist aus mehreren Stand Alone-Lösungen aufgebaut, die nicht miteinander in Beziehung stehen. Eine Kommunikation von geringem Umfang findet zwischen den Systemkomponenten lediglich in Form des Datenaustauschs generierter Dokumente statt, die aber nicht automatisiert in die Adressatensysteme eingelesen werden.

Anhand der beschriebenen Ausgangssituation voneinander weitgehend isolierter Systemkomponenten ergibt sich als primäres Ziel eines neu zu entwickelnden Systems die Integration der DV-Komponenten zur umweltbezogenen Aufgabenerfüllung. Einen Ansatz stellt in dieser Hinsicht die Integration aller Einzellösungen dar. Es müssen bzw. dürfen aber nicht zwingend sämtliche Systeme zur umweltbezogenen Aufgabenerfüllung integriert werden, um eine verbesserte Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems zu erreichen. Nicht alle umweltbezogenen Aufgabenstellungen stehen nämlich unter Betrachtung der Datenwege in einer Beziehung zueinander. Folglich ist eine Aufteilung der Gesamtmenge der Einzellösungen in Systeme, deren Integration eine Verbesserung von Systembetreuungsaufwand und Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems bewirkt sowie eine Gruppe, deren Systeme keine Verbesserungen durch Integration bewirken, vorzunehmen. Die Systeme, deren Einbettung sich vorteilhaft auswirkt, sind über geeignete Schnittstellen zu verbinden, um einen systeminternen Datenaustausch zu ermöglichen. Da zur Abwicklung der Aufgaben häufig wiederholt die identischen Informationen benötigt werden, ist die Datenhaltung weiterverwendeter Daten in einer eigenen Umweltdatenbank vorteilhaft. Die Kommunikation des Umweltinformationssystems mit systemexternen Komponenten ist zusätzlich zu berücksichtigen. Hierfür sind Schnittstellen in geeigneter Form sowohl zu unternehmensinternen systemexternen als auch zu unternehmensexternen Datenquellen und –zielen bereitzustellen. Die Integration über Interfaces verläuft dabei nicht selten zwischen unterschiedlicher Anwendungssoftware oder heterogenen Systemplattformen ab, so dass an dieser Stelle eine gewisse Standardisierung wünschenswert wäre, um vermeidbaren Anpassungsaufwand bei der Erstellung der Schnittstellen zu umgehen.

Der weitgehende Einsatz von Standardsystemkomponenten bildet in dieser Hinsicht eine Möglichkeit zur Aufwandsreduzierung, da sie in der Regel über bereits implementierte Schnittstellen problemlos untereinander kommunizieren. Allerdings stellen standardisierte Systemkomponenten keine „Lösung nach Maß“ zur Erfüllung der von Unternehmen zu Unternehmen in Details unterschiedlichen problembezogenen Anforderungen dar. Nicht zuletzt schwanken der Leistungsumfang eingesetzter Systeme in verschiedenen Unternehmen sowie der Fachbezug der Daten und die Art und Weise der Datenhaltung<sup>116</sup>. Über das Customizing<sup>117</sup> ist eine gewisse problemspezifische Anpassung von Standardsystemen möglich. In dieser Weise lassen sich u.a. Datenstrukturen sowie Ein- und Ausgabeformate nutzungsgerecht anpassen. Der Aufgabenerfüllungsgrad durch Einsatz von standardisierten Komponenten hängt damit in entscheidendem Maße von der Customizing-Flexibilität dieser Software ab. Da die problemspezifische Anpassung eines Systems generell mit zusätzlichem finanziellen Aufwand für das auftraggebende Unternehmen verbunden ist, ist der Einsatz eines Systems, das bereits weitgehend auf die Aufgabenstellungen des jeweiligen Unternehmens vorkonfiguriert ist, anzustreben.

Für eine grundlegende Entscheidung, welche Systemkomponenten einzusetzen sind und in welcher Weise sie miteinander interagieren, ist eine isolierte Betrachtung der genannten Faktoren wenig dienlich. Vielmehr sind alle Aspekte in einem problemspezifischen, realitätsnahen Verhältnis zueinander in diese Entscheidung einzubeziehen. Das multikriterielle Verfahren zur Entscheidungsunterstützung, am Ende dieses Kapitels, folgt dieser globalen Betrachtungsweise.

In der Fallstudie UIS Volkswagen AG ist bereits eine Einteilung in integrationsbedürftige und nicht-integrationsbedürftige Systeme durch ein Projekt des Fraunhofer IAO vorgenommen worden. Auch der Einsatz gewisser Standardsystemkomponenten wurde in diesem Projekt im Rahmen eines Systemszenarios vorgeschlagen.

Ziel des nachfolgenden Kapitels ist eine Erweiterung dieser Erkenntnisse durch Aufstellung eines Systemszenarios auf aktuellem technischen und wissenschaftlichen Stand. Neben der Funktionsweise und dem Funktionsumfang der integrierten Systeme werden zudem die Datenwege zwischen den eingesetzten Systemkomponenten beschrieben, um ein implementierbares DV-Konzept für ein problemspezifisches BUIS bereitzustellen.

---

<sup>116</sup> Hinsichtlich der Art und Weise der Datenhaltung sind an dieser Stelle Anzahl und Aufbau von Datenbanken zu verstehen.

<sup>117</sup> Customizing bezeichnet die aufgabenspezifische Anpassung von Systemen.

## 3.2 Istzustand Volkswagen UIS

Der Istzustand<sup>118</sup> des UIS der Volkswagen AG spiegelt den Stand dieses Systems im April 2003 wider.

Das Volkswagen UIS besteht im nichtabteilungsübergreifenden Einsatz von isolierten aufgabenspezialisierten Systemen<sup>119</sup> zur Erfüllung der jeweiligen Fachaufgaben.

Jede Unterabteilung der Abteilung für Umweltplanung<sup>120</sup> repräsentiert einen Aufgabenbereich. Jeder Aufgabenbereich beinhaltet umweltrelevante Unteraufgaben.

### 3.2.1 Darstellung des Istzustands

Im UIS des Istzustands werden aufgabenspezialisierte Systeme zur Lösung ein oder mehrerer Unteraufgaben genutzt. Zu dieser Gruppe gehören die Systeme LAU/HBV<sup>121</sup> im Bereich Gewässerschutz, AES<sup>122</sup> und Prodok in der Abfallwirtschaft, das SEBU-Tool des Öko-Audits, AISI<sup>123</sup> im Immissionsschutzbereich sowie ein System zur Kennzahlenermittlung für den allgemeinen Umweltschutz. Die aufgabenspezialisierten Systeme sind nicht untereinander vernetzt und erzeugen Ausgaben von meist standardisiertem Format<sup>124</sup>. Für diese externen Dateien existieren keine automatisierten Weiterverarbeitungsmethoden.

Herzstück des Volkswagen UIS bildet die zentrale ORACLE-Datenbank. In diese werden die Umweltdaten manuell über ein MS-Access-Frontend (s. Abb. 3.1) eingegeben. Datenausgabefunktionen erfolgen ebenfalls über das Frontend. Die Ein- und Ausgabemaske ist nach Funktionsmodulen<sup>125</sup>, sog. Informations-Sichten strukturiert. Es besteht die Möglichkeit, die von den aufgabenspezialisierten Systemen erzeugten externen Dateien an den Datensatz anzuhängen. Die Daten der auf diese

---

<sup>118</sup> Der Istzustand beschreibt die momentanen Gegebenheiten eines Objektes oder Sachverhalts.

<sup>119</sup> Ein aufgabenspezialisiertes System dient der Bearbeitung von Aufgaben eines speziellen Fachgebietes.

<sup>120</sup> In der Abteilung für Umweltplanung der Volkswagen AG sind dies Gewässerschutz, Abfallwirtschaft, Öko-Audit, Immissionsschutz, Allgemeiner Umweltschutz und Umweltschutz der Werke.

<sup>121</sup> Der Begriff LAU/HBV bedeutet Lagern, Abfüllen und Umschlagen/ Herstellen, Behandeln oder Verwenden wassergefährdender Stoffe.

<sup>122</sup> Die Abkürzung AES bezeichnet ein Altlastenexpertensystem, das im Bereich Reststoffwirtschaft eingesetzt wird.

<sup>123</sup> Die Abkürzung AISI besitzt die Bedeutung Anlageninformationssystem Immissionsschutz.

<sup>124</sup> Ausgegeben werden überwiegend MS-Word bzw. MS-Excel-Dateien.

<sup>125</sup> Eine Funktion ist eine von einem Dienst angebotene Operation. Es lassen sich Basisfunktionen und Anwenderfunktionen unterscheiden. Zu den Basisfunktionen gehören die Methoden, die abstrakte Datentyp-Module anbieten, während die Anwenderfunktionen eher den Funktionsmodulen entsprechen. Module sind Programmeinheiten, die eine spezielle Aufgabe erfüllen. Man unterscheidet abstrakte Datentyp-Module und Funktionsmodule.

Weise verknüpften Dateien sind somit statisch und können nicht kalkulatorisch weiterverarbeitet werden. Bei der computerunterstützten Erstellung des VAWS-Katasters werden die Gewässerschutzinformationen allerdings ohne die Zwischenspeicherung in einer Datei direkt über das MS-Access-Frontend in die Datenbank eingegeben. Somit entfällt der Arbeitsschritt des Übertragens der Ergebnisdaten in die Datenbank. Dieser Datenweg bildet eine direkte Schnittstelle. Daten über Prozessmaterialien aus der MFP-Datenbank<sup>126</sup> können ebenfalls in die zentrale Umweltdatenbank eingelesen werden. Zusätzlich existiert eine Gruppe von Systemen, deren Ergebnisse nicht in die zentrale Umweltdatenbank einfließen. Dazu gehören das System FEFLOW<sup>127</sup> zur Grundwassersimulation, das DIS<sup>128</sup> aus dem Bereich Abfallwirtschaft, das Stoffstrommodellierungs-Tool Umberto, Austal<sup>129</sup> und Lasat<sup>130</sup> aus dem Bereich Immissionsschutz sowie ein System zur Arbeitsplatzmessung, das außerhalb der Umweltplanung eingesetzt wird.

---

<sup>126</sup> Die Abkürzung MFP bedeutet Material-Freigabe-Prozessmaterialien. Dieses System dient der Datenhaltung und -verwaltung von Prozessmaterialien.

<sup>127</sup> Das System Finite Element Groundwater Modeling – Density- Dependent Groundwater Flow (FEFLOW) dient der Grundwassersimulation im Bereich Gewässerschutz.

<sup>128</sup> Der Ausdruck DIS bezeichnet ein Deponieinformationssystem.

<sup>129</sup> Die Abkürzung Austal symbolisiert ein Tool zum Ausbreitungsmodell TA Luft.

<sup>130</sup> Der Begriff Lasat beschreibt ein Tool zur Lagrange-Simulation von Aerosol-Transport.

## Umweltplanung, SW-Systeme (SW-technische Sicht)

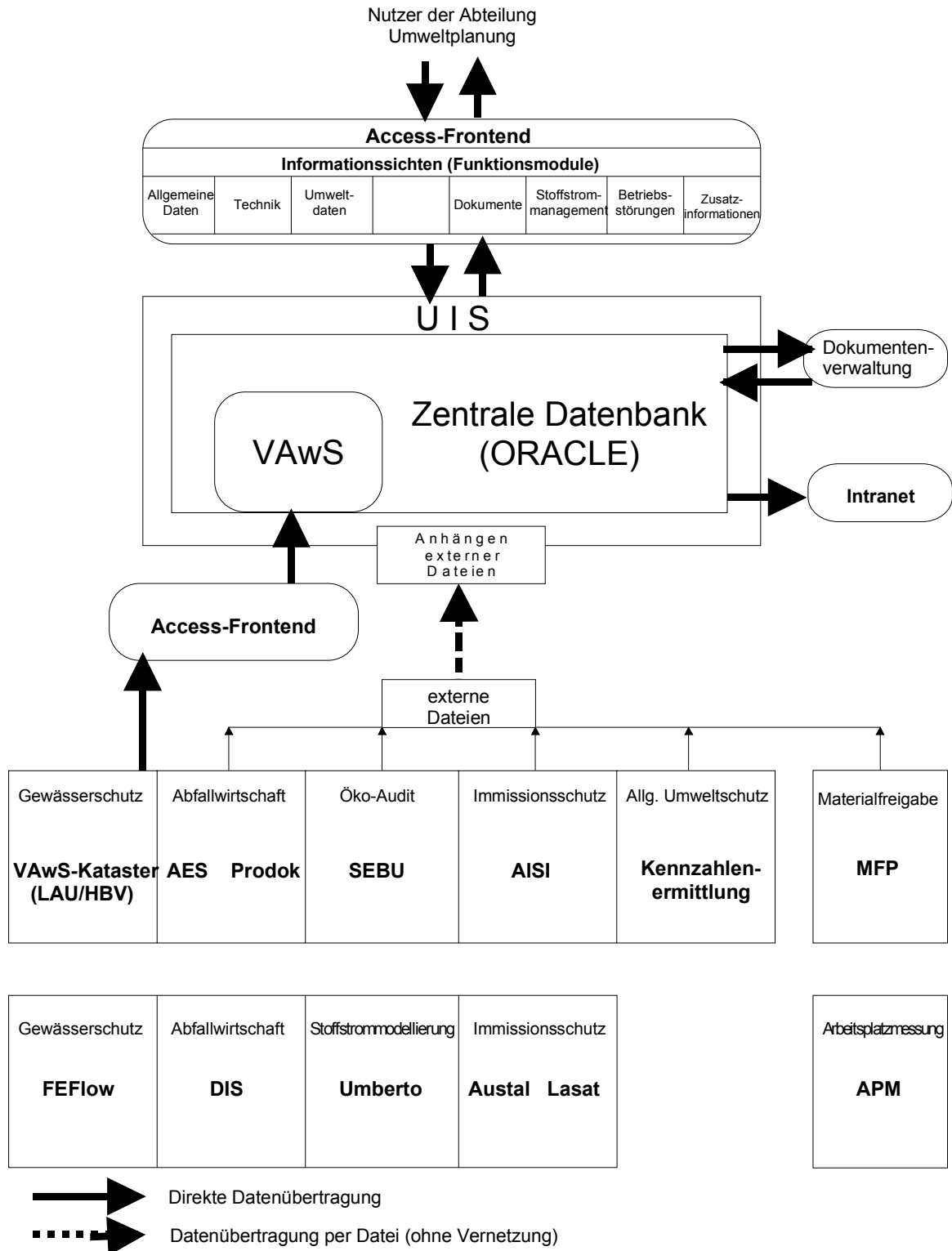


Abb. 3.1: Volkswagen UIS SW-technische Sicht

Die Datenstruktur der UIS-Datenbank ermöglicht auf Präsentationsebene eine nach Funktionsmodulen<sup>131</sup> geordnete Darstellung. Auch die Dateneingabe über das Access-Frontend erfolgt auf Grund der Datenstruktur der UIS-Datenbank nach Funktionsmodulen geordnet (s. Abb. 3.1). Die enthaltenen Daten können außerdem kalkulatorisch weiterverarbeitet und wieder in die Datenbank eingespielt werden.

Eine weitere unterstützte Funktion ist die Ausgabe von Daten ins Intranet für Reporting- und Visualisierungszwecke. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die angehängten Dokumente per Dokumentenverwaltungssystem zu handhaben.

Neben den systeminternen Datenwegen wird im Fall von einzelnen Stand Alone-Systemen eine Reihe von Kommunikationsbeziehungen per nichtautomatisiertem Datentransfer realisiert.

Eine Übersicht über die Datenpfade im Gesamtsystem der Unterabteilungen und Adressaten zeigt die Kommunikationssicht des UIS in Abb. 3.2.

---

<sup>131</sup> Funktionsmodule bezeichnen Gruppierungen von Leistungen des Systems nach der Art ihrer Aufgabenerfüllung.

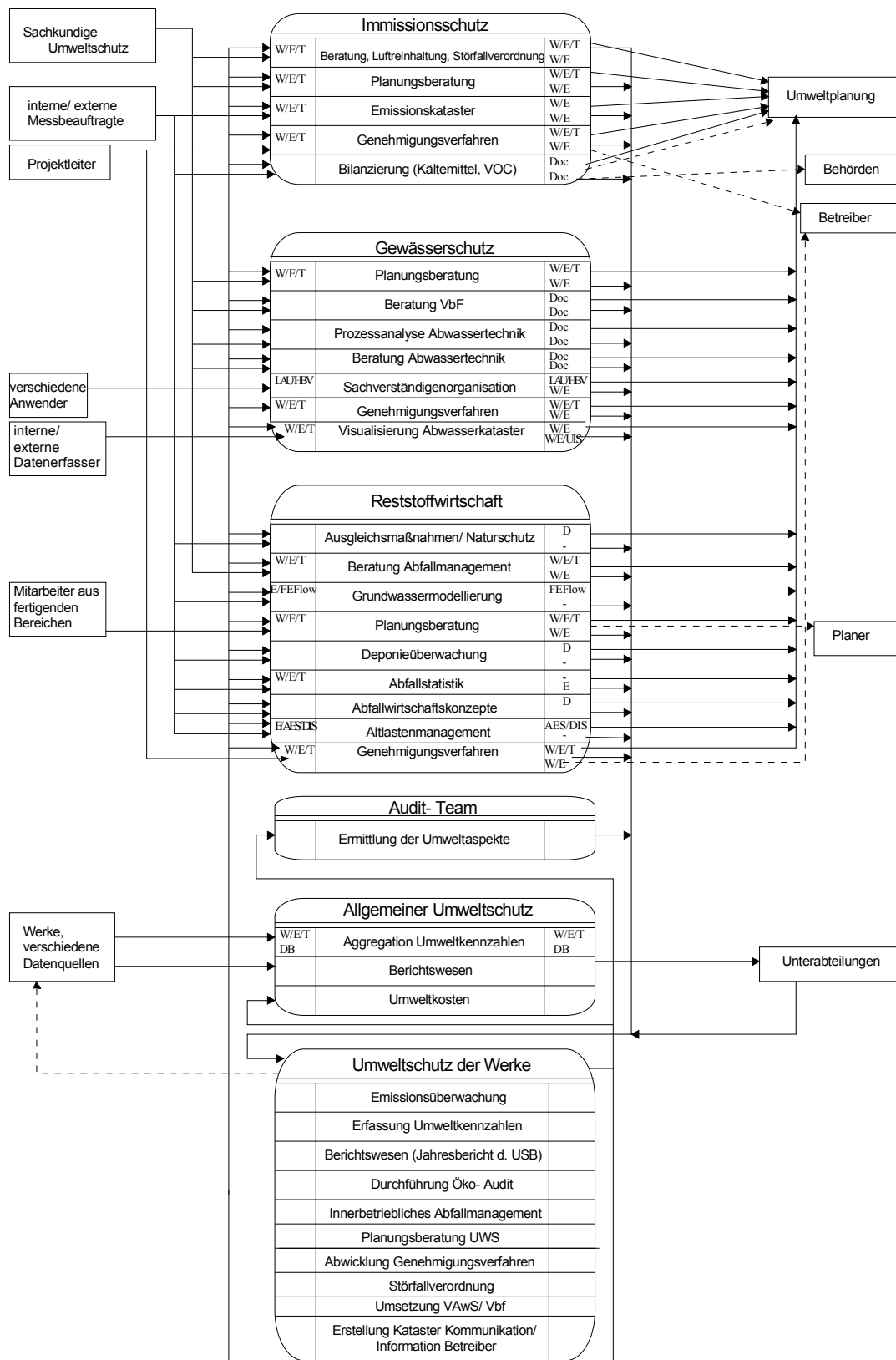


Abb. 3.2: Volkswagen UIS Kommunikationssicht



Legende zu Abb. 3.2:

→	: Ein- und Ausgabewege
--->	: Reporting (falls abweichend von den Ausgabewegen)
W/ E/ T	: Datei im Word-/ Excel-/ Textformat
W/ E	: Datei im Word- oder Excel-Format
E	: Datei im Excel-Format
D	: Faktendaten
DB	: Daten in zentraler Datenbank
LAU/ HBV	: Daten in LAU/ HBV-System
AES/ DIS	: Daten in AES/ DIS-System

### 3.2.2 Bewertung und Auswertung des Istzustands

Ausgehend von den Gegebenheiten des Istzustands des Volkswagen UIS wurden im Rahmen einer Studie des Fraunhofer IAO Anwenderbefragungen in den einzelnen Unterabteilungen der Abteilung für Umweltplanung durchgeführt.

Anhand der Ergebnisse der Befragungen wurden umweltaufgabenbezogene Ausprägungen in 23 Kriterien durch fachliche Experten mit Punkten einer Skala von 0 bis 5 bewertet. Die einzelnen Kriterien sind auf die zuvor definierten Funktionsmodule Dateneingabe, Datenausgabe, Dokumentenmanagement, Kalkulation, Reporting (Dokumente), Visualisierung (GIS) sowie Ausgabe (Intranet) ausgerichtet und beinhalten unter anderem mögliche zukünftige Software-Unterstützungen zu den einzelnen Aufgaben<sup>132</sup>.

Das Ergebnis bilden Bewertungen von Kriterienausprägungen in Bezug auf die Funktionsmodule für jede Unteraufgabe. Die Bewertung symbolisiert dabei das Maß der Eignung einer Software-Unterstützung in Bezug auf die jeweilige Fachaufgabe.

Auf diese Bewertung des Istzustands des Volkswagen UIS ist in der Studie auf Grundlage der ermittelten Eignungsdaten eine Auswertung in Form einer Nutzwertanalyse erfolgt.

---

<sup>132</sup> Eine zukünftige Software-Unterstützung bietet beispielsweise die Visualisierung von Daten durch ein Geographisches Informationssystem (GIS).

### **3.2.2.1 Modifizierte Nutzwertanalyse**

Die aus der Eignungsbewertung resultierenden Zahlenwerte wurden im Rahmen des Projektes in einer Nutzwertanalyse<sup>133</sup> weiterverarbeitet. Dabei wurden sowohl die Unterkriterien (einzelne detaillierte Fragestellungen) als auch die Hauptkriterien (Funktionsmodule und Aufgabenbereiche) der Anwenderbefragung zueinander gewichtet und zur Ausgabe eines Nutzwertes für jede Funktionsmodul-Abteilungs-Kombination aggregiert.

Im Rahmen dieses Projektes sind zur präziseren Aufgabenanalyse, die zum zielgerichteten Aufstellen eines Gesamtkonzepts auf Grund der Detaillierung unerlässlich ist, zusätzlich aggregierte Werte für jede Unteraufgaben-Funktionsmodul-Kombination ermittelt worden. Darüber hinaus wurde nur eine Gewichtung der Unterkriterien vorgenommen, nicht der Hauptkriterien: Da im Sinne der Konzeption eines Systemszenarios<sup>134</sup> die Höhe der aggregierten Bewertung von Unterkriterien für den Nutzen einer Software-Unterstützung der jeweiligen Aufgabe ausschlaggebend ist, würden zusätzliche Gewichtungen der Hauptkriterien die Aussagefähigkeit des Ergebniswerts deutlich verringern.

In einer Berücksichtigung zusätzlicher Grobgewichtungen dieser Art zu Testzwecken mit Werten, die um bis zu 50% der Höhe der maximal existierenden Gewichtung voneinander abwichen, lagen die zuvor teilweise stark variierenden Ergebniswerte alle sehr nah an der Durchschnittsbewertung der Höhe 3,0. Die Ergebniswerte hatten dadurch ihre Aussagekraft verloren.

### **3.2.2.2 Ergebnisse der modifizierten Nutzwertanalyse**

Die aufgestellte modifizierte Nutzwertanalyse drückt den Nutzen einer DV-technischen Umsetzung der einzelnen Funktionsmodule für die jeweilige Aufgabe in der entsprechenden Unterabteilung der Abteilung für Umweltplanung aus.

Durch eine Darstellung der Nutzwerte in Kreisdiagrammform kommt besonders das Nutzenverhältnis zwischen den Funktionsmodulen in der jeweiligen Aufgabe zum Ausdruck.

---

<sup>133</sup> In der Nutzwertanalyse werden einzelne Merkmalsausprägungen bewertet und in gewichteter Form aggregiert. Die daraus resultierenden Ergebniswerte drücken den Vorteil durch Berücksichtigung der jeweiligen Merkmale aus.

<sup>134</sup> Ein Systemszenario beschreibt einzelne zusammengehörige Komponenten und ihre Kommunikation untereinander. Im Folgenden wird zur Vereinfachung nur noch der Begriff Szenario verwendet.

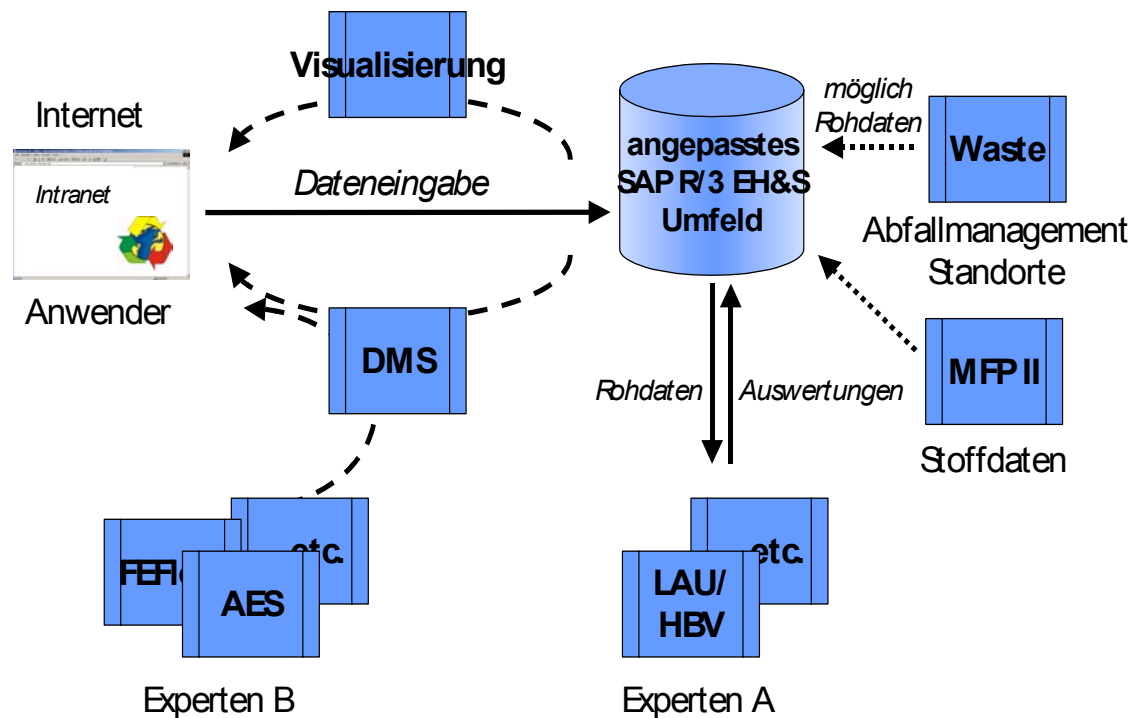
Den Diagrammen liegen zwei Arten von Bewertungen für zwei unterschiedliche Betrachtungsweisen zu Grunde:

- *Globale Sichtweise*: Die numerische Bewertung eines Funktionsmoduls symbolisiert den exakten Nutzwert des jeweiligen Funktionsmoduls für die betrachtete Aufgabe. Dieser ist für die Gesamtsystemsicht relevant.
- *Lokale Sichtweise*: Der prozentuale Anteil der Bewertung der Kriterienausprägungen eines Funktionsmoduls am aggregierten Wert über die Kriterienausprägungen aller Funktionsmodule für eine bestimmte Aufgabe drückt die nutzwertbezogene Priorität eines Funktionsmoduls im Verhältnis zu den übrigen Modulen derselben Aufgabe aus. Da dieser Wert einen Verhältniswert der Funktionsmodulbewertungen innerhalb der identischen Fachaufgabe darstellt, ist er lediglich in Bezug auf diese Aufgabe aussagefähig.

Ein hoher Nutzwert eines Funktionsmoduls für eine Fachaufgabe symbolisiert dabei eine hohe Anforderung an die DV-technische Umsetzung der Funktion des Moduls, um dieser Aufgabe zu entsprechen. Es lässt sich also erkennen, wo die Schwerpunkte des Systems liegen müssen, welche Systemkomponenten am weitesten entwickelt sein sollen. Ein Funktionsmodul, das, im Verhältnis zu den übrigen Modulen, einen hohen Nutzwert (prozentualer Anteil an der Gesamtbewertung) besitzt, ist in der Entwicklung in Bezug auf die jeweilige Aufgabe zu priorisieren. Je nachdem, ob die Nutzwertanalyse aus der Sicht des Gesamtsystems oder der eines Teilsystems für eine betriebliche Aufgabe gesehen wird, ist die Höhe der Bewertung oder der prozentuale Anteil an der Summe der Bewertungen für die einzelne betriebliche Aufgabe relevant. Im Gegensatz zur Eignungsbewertung sind im Ergebnis der Nutzwertanalyse die Eignungswerte der einzelnen Funktionsmodule zueinander gewichtet worden. So kann ein hoher Eignungswert eines Unterkriteriums eines Funktionsmoduls durch seine geringere Gewichtung relativiert werden. Man erhält eine realitätsnahe Bewertung des Nutzens jedes Funktionsmoduls im Hinblick auf die betriebliche Aufgabe als Ganzes. Die Gewichtungen resultieren dabei aus Erfahrungswerten. Anders als bei der Auswertung der Eignungsbewertung sind Funktionsmodulkriterien mit einer geringen Bewertung nun unter keinen Umständen in erhöhtem Maße zu berücksichtigen. Das Argument, ein aufgrund seltener Nutzung gering bewertetes Kriterium eines Moduls könne trotzdem für eine sehr wichtige Teilaufgabe relevant sein, wird durch die Gewichtung sowohl nach Funktionsmodulkriterienart als auch nach betrieblichen Unteraufgaben entkräftet. Anhang A zeigt ein Beispielergebnis der durchgeführten modifizierten Nutzwertanalyse nach Unterabteilungen und Aufgaben anhand der Darstellung der Aufgabe VOC-Bilanzierung in Kreisdiagrammform.

### 3.2.2.3 Teilintegratives Konzept des Fraunhofer-Instituts

Als ein Ergebnis der Studie des Fraunhofer IAO wurde unter anderem ein teilintegratives Szenario, das „Szenario B2“ erstellt, welches dem in dieser Projekt entwickelten Konzept als Grundlage dient. Es ist schematisch in der Abb. 3.3 dargestellt.



Quelle: in Anlehnung an Ergebnisbericht „Unterstützung bei der Entwicklung von Konzepten für eine Erweiterung des Umweltinformationssystems (UIS)“ Rey, Jürgens, Lang (März 2003) S. 113.

Abb. 3.3: „Szenario B2“ aus dem Ergebnisbericht des Fraunhofer-Instituts

Kernpunkt dieses Szenarios ist eine Kategorisierung der vorhandenen aufgabenspezialisierten Systeme in zu integrierende Systeme (Experten A) und nicht integrationsbedürftige Systeme (Experten B). Zur Ableitung dieser Einteilung wurden die einzelnen Systeme in ein Portfolio<sup>135</sup> nach der Anzahl ihrer verwendeten Datenquellen sowie der Häufigkeit ihrer Informationsnutzung eingeordnet.

In dem Szenario ist der Einsatz von SAP-Komponenten angedacht: Der Bereich Abfallmanagement wird über die SAP-Komponente Waste abgewickelt. Darüber hinaus existiert ein angepasstes SAP EH&S-Umfeld. Durch das customisierte EH&S-Tool besteht die Möglichkeit zur Integration von Waste, MFP<sup>136</sup> und eventuell weiteren

<sup>135</sup> Bei der sog. Portfolioanalyse werden Systeme in eine Vierfeldmatrix eingeordnet. Entsprechend dem Standort in der Vierfeldmatrix können die Systeme anschließend in vier Kategorien eingeordnet werden.

<sup>136</sup> Zur Zeit wird die Version MFP II eingesetzt.

SAP-Komponenten mit den A-Systemen. Die einzelnen B-Systeme arbeiten weiterhin isoliert und erzeugen als Ausgabe Dokumente, die über ein Dokumentenmanagementsystem (DMS) inklusive Workflowmanagement<sup>137</sup> und Terminverwaltung zu handhaben sind. Auch die A-Systeme erzeugen Dokumente, die einerseits direkt im Intranet visualisiert werden oder per DMS verwaltet werden können. Über das angebundene Intranet können die Daten aus dem EH&S-Umfeld direkt visualisiert werden. Auch eine Dateneingabe vom Intranet in das SAP-Umfeld ist möglich. Die Eingabe direkt in die B-Systeme ist nicht vorgesehen. Über ein browserbasiertes Frontend ist der Zugriff auf die generierten Dokumente über das Intranet, auch für Behörden, möglich. Das Anzeigen von Daten sowie Auswertungen der aufgabenspezialisierten Systeme über ein GIS wird unterstützt. Dabei sind die Daten innerhalb der GIS-Ansicht zu festgelegten Koordinaten der zu Grunde liegenden Karte zugeordnet und werden über den Browser im Intranet graphisch dargestellt.

#### **3.2.2.4 Auswertung der Nutzwertdaten: Ranking der Fachaufgaben**

Um eine Aussage darüber zu erhalten, für welche betriebliche Unteraufgabe eine DV-technische Unterstützung den höchsten Nutzen besitzt, werden die Nutzwerte der einzelnen Funktionsmodule bezüglich einer Unteraufgabe aggregiert. Dies liefert für jede Unteraufgabe eine numerische Bewertung, die, analog zum zu Grunde liegenden Eignungswert, zwischen 0 und 5 eingeordnet ist. Anhand dieser aggregierten Nutzwerte lässt sich eine Reihenfolge (Ranking) der Unteraufgaben aufstellen. Das Ergebnis dieser Auswertung zeigen die Tab. 3.1 und 3.2.

---

<sup>137</sup> Ein Workflow ist ein Teil eines Geschäftsprozesses, der sich aus sequentiell oder parallel angeordneten Aktivitäten zusammensetzt. Das Workflowmanagement umfasst die Modellierung, Steuerung und Überwachung dieser Workflows.

Fachaufgabe	Nutzwert
Sachverständigenorganisation	4,8643
Visualisierung Abwasserkataster	3,6044
Koordination HLS- Umweltpfanarten	3,4571
Umsetzung VAWs/ VbF	3,4000
Erstellung Kataster Kommunikation/ Information Betreiber	3,3000
Kataster (Emissionsdatensätze)	3,2598
Planungsberatung (rechtlich, organisatorisch)	3,1980
Prozessanalyse Abwassertechnik	3,1071
Abwicklung Genehmigungsverfahren	3,1000
Innerbetriebliches Abfallmanagement	3,0000
Altlastenmanagement	2,9832
VOC-Bilanzierung	2,9720
Beratung Abwassertechnik	2,9286
Genehmigungsverfahren nach BImSchG	2,7867
Beratung VbF	2,7484
Aggregation Umweltkennzahlen	2,6929
Umweltkosten nach UStatG	2,6929
Beratung Luftreinhaltung (Verfahren, Prozesse, Technik)	2,6533
Erfassung Umweltkennzahlen	2,5000
Berichtswesen (Jahresbericht d. USB, Umwelterklärung)	2,5000
Berichtswesen (Jahres- und Monatsbericht)	2,3867
Erstellung Abfallstatistik	2,3469
Durchführung Öko-Audit	2,3000
Durchführung von internen Betriebsprüfungen	2,1129
Kältemittelbilanzierung	2,0357
Genehmigungsverfahren nach WHG/ VAWs	1,9629
Abfallwirtschaftskonzepte	1,9510
Beratung Abfallmanagement	1,9071
Genehmigungsverfahren nach KrW/ AbfG	1,8192
Ausgleichsmaßnahmen/ Naturschutz	1,8102
Planungsberatung UWS <sup>138</sup> (Investition, Technik, Betreiber)	1,6000
Grundwassermodellierung	1,3231
Deponieüberwachung	1,1000
Störfallverordnung	1,0000
Emissionsfernüberwachung	0,0000

Tab. 3.1: Ranking der Fachaufgaben

<sup>138</sup> UWS ist eine Abkürzung für Umweltschutz.

Unterabteilung	Nutzwert
Gewässerschutz	3,2327
Immissionsschutz	2,8336
Allgemeiner Umweltschutz	2,7081
Umweltschutz der Werke	2,5172
Öko- Audit-Team	2,1129
Reststoffwirtschaft	1,9619

Tab. 3.2: Ranking der Unteraufgaben

Durch das Ranking werden die Prioritäten zum Ausdruck gebracht, die die DV-technische Unterstützung und Integration<sup>139</sup> der Unteraufgaben besitzen, damit das neuentwickelte System den jeweils höchsten Nutzen aufweist. Zur Systemmodellierung können mehrere Unteraufgaben mit vorzugsweise hoher Bewertung durch „Clustering“<sup>140</sup> zu einem integrativen Teil-Szenario zusammengestellt werden.

### 3.3 Gegenüberstellung der Systeme

In den folgenden Abschnitten wird dem Systemszenario des Istzustands des VW UIS ein im Rahmen dieses Projektes eigenentwickeltes integriertes Systemkonzept gegenübergestellt und detailliert in funktionaler und technischer Hinsicht erklärt. Dabei wird gezielt die Funktionsweise der eingesetzten Standardsysteme beschrieben.

#### 3.3.1 Darstellung und Erläuterung des Szenarios des Istzustands

Im Istzustand des Volkswagen UIS (vgl. 3.2.1, Darstellung des Istzustands), veranschaulicht in Abb. 3.4, bilden einzelne voneinander isolierte aufgabenspezialisierte Systeme die Datenlieferanten. Die Ausgabedaten dieser Systeme sind manuell über ein MS-Access-Frontend in die zentrale ORACLE-Datenbank einzupflegen. Von dort aus können ausgewählte Daten ins Intranet ausgegeben werden.

Bei der computerunterstützten Erstellung des VAWs-Katasters werden die Gewässerschutzdaten allerdings ohne die Zwischenspeicherung in einer Datei direkt über das MS-Access-Frontend in die Datenbank eingegeben. Somit entfällt der Arbeitsschritt des Übertragens der Ergebnisdaten in die Datenbank. Dieser Datenweg bildet eine direkte Schnittstelle.

<sup>139</sup> Da in den Anwenderbefragungen unter anderem Aspekte des Datenbezugs zu weiteren Systemen beurteilt wurden, spiegelt der Nutzwert auch die Integrationsbedürftigkeit des jeweiligen Software-Bausteins wider.

<sup>140</sup> Clustering bezeichnet in diesem Zusammenhang die Kombination mehrerer aufgabenbezogener DV-Unterstützungen zu einem System, das der Erfüllung mehrerer Aufgaben dient.

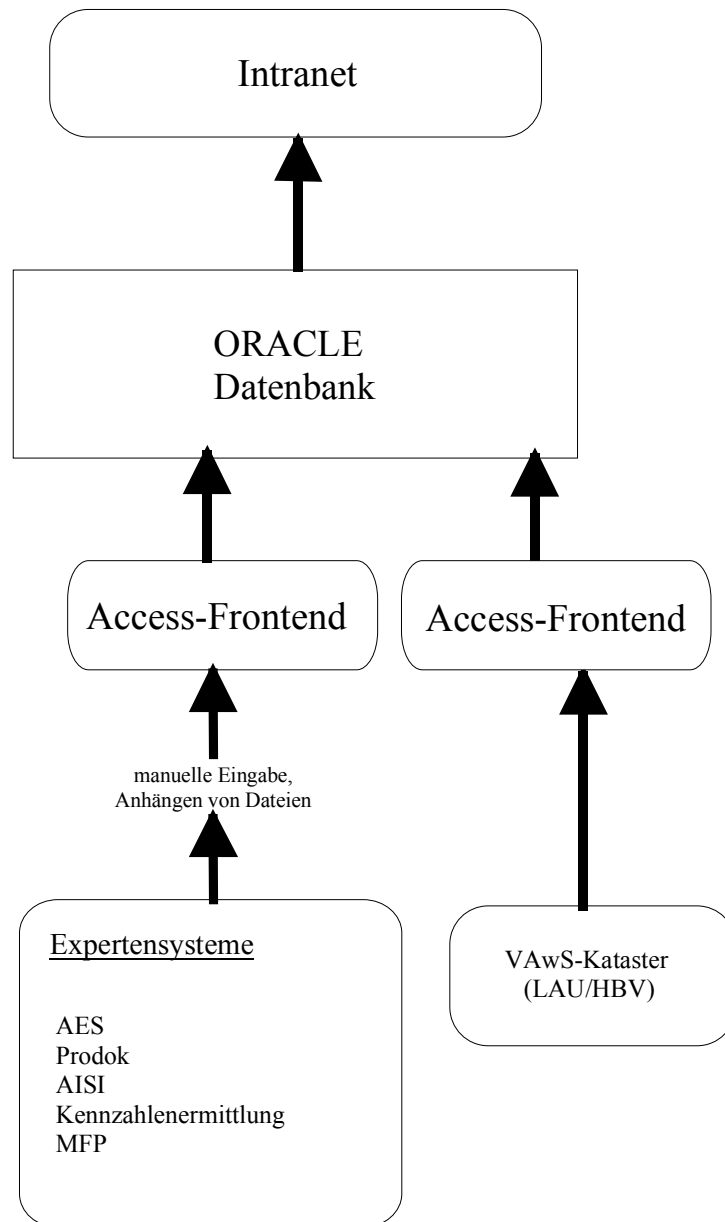


Abb. 3.4: Istzustand des Volkswagen UIS

### 3.3.2 Darstellung und Erläuterung des entwickelten integrierten Szenarios

Das im Rahmen dieses Projektes entwickelte Konzept eines integrierten Systems für Umweltinformationen, System D<sup>141</sup>, veranschaulicht in Abb. 3.5, stellt ein verteiltes integriertes System (vgl. 2.3.3) dar. Es basiert auf der Einteilung in A- und B-Systeme (vgl. 3.2.2.3, Teilintegratives Szenario im Projekt des Fraunhofer-Instituts), die im

<sup>141</sup> Da zur Neuentwicklung des Umweltinformationssystems der Volkswagen AG bereits drei mögliche Szenarien (A, B, C) erstellt wurden (vgl. „Unterstützung bei der Entwicklung von Konzepten für eine Erweiterung des Umweltinformationssystems (UIS)“ Rey, Jürgens, Lang (2003)), wird das in dieser Arbeit entwickelte integrierte Konzept für ein Umweltinformationssystem im Folgenden als System D bzw. Szenario D bezeichnet.



Projekt des Fraunhofer IAO vorgenommen wurde. Die zu integrierenden A-Systeme sollten, wenn möglich, durch Standardsysteme ersetzt werden. Der Vorteil liegt dabei darin, dass Standardsysteme eines Anbieters in der Regel „von Haus aus“ miteinander kommunizieren können. Eine kostenaufwändige Eigenprogrammierung von Schnittstellen zwischen Systemkomponenten entfällt. Zur Umsetzung wurde der BUIS-Integrationsansatz des Data Warehouses (vgl. 2.3.3) zu Grunde gelegt. Die hohen Anforderungen an Reporting-Funktionalitäten können durch die flexiblen Ausgabe- und Aggregationsfunktionen des BW effizient erfüllt werden. Die Daten der Standardsysteme fließen dabei in eine gemeinsame Umweltdatenbank ein. Auf Grund der problemspezifischen Datenstrukturierung in Tabellenform bietet sich eine relationale Datenbank an. Diese zentrale Datenbank dient als Datenquelle für ein Business Information Warehouse. Darüber hinaus sind A-Systeme, deren Funktionsumfang nicht durch Standardsysteme abgedeckt werden kann, an das BW angeschlossen, um ihrem Integrationsbedarf gerecht zu werden. Die Kommunikation verläuft über standardisierte Ausgabeformate oder angepasste BAPI-Schnittstellen<sup>142</sup>. Im BW werden die für die jeweilige Ausgabe benötigten Daten aus den entsprechenden Quellsystemen erfasst und zielgerichtet verarbeitet. Durch Aufrufmöglichkeit externer Software-Komponenten wie z.B. MS-Excel oder SSM-Tools sind umfangreiche kalkulatorische Verarbeitungsschritte im BW möglich. Die resultierenden Ergebnisse werden größtenteils als dynamische Reportings in das Intranet ausgegeben und können zusätzlich als Dokument in die ORACLE-Datenbank abgespeichert werden.

Darüber hinaus existiert eine Menge von B-Systemen. Diese können wahlweise analog zu den Non SAP-A-Systemen über BAPIs an das Business Information Warehouse angebunden werden. Alternativ können sie als „Insellösung“ mit eigener Datenbank parallel zum übrigen integrierten System bestehen. Die Ergebnisdokumente dieser isolierten Systeme sind über ein separates Dokumentenmanagementsystem zu verwalten und können als Dokument in statischer Form im Intranet veröffentlicht werden.

Die Integration des Systems in die betriebliche Prozessstruktur erfolgt durch den Aufbau der Datenstrukturen und des Datenmanagements im BW. Dabei sind die Daten in der Weise und Ordnung miteinander zu verknüpfen, dass eine Abstimmung auf die existierenden Prozesse im Unternehmen gewährleistet ist.

---

<sup>142</sup> Business Application Programming Interface (BAPIs) sind die von SAP zur Verfügung gestellten Schnittstellenkonstrukte. Sie können als standardisierte Formen übernommen oder modifiziert werden.

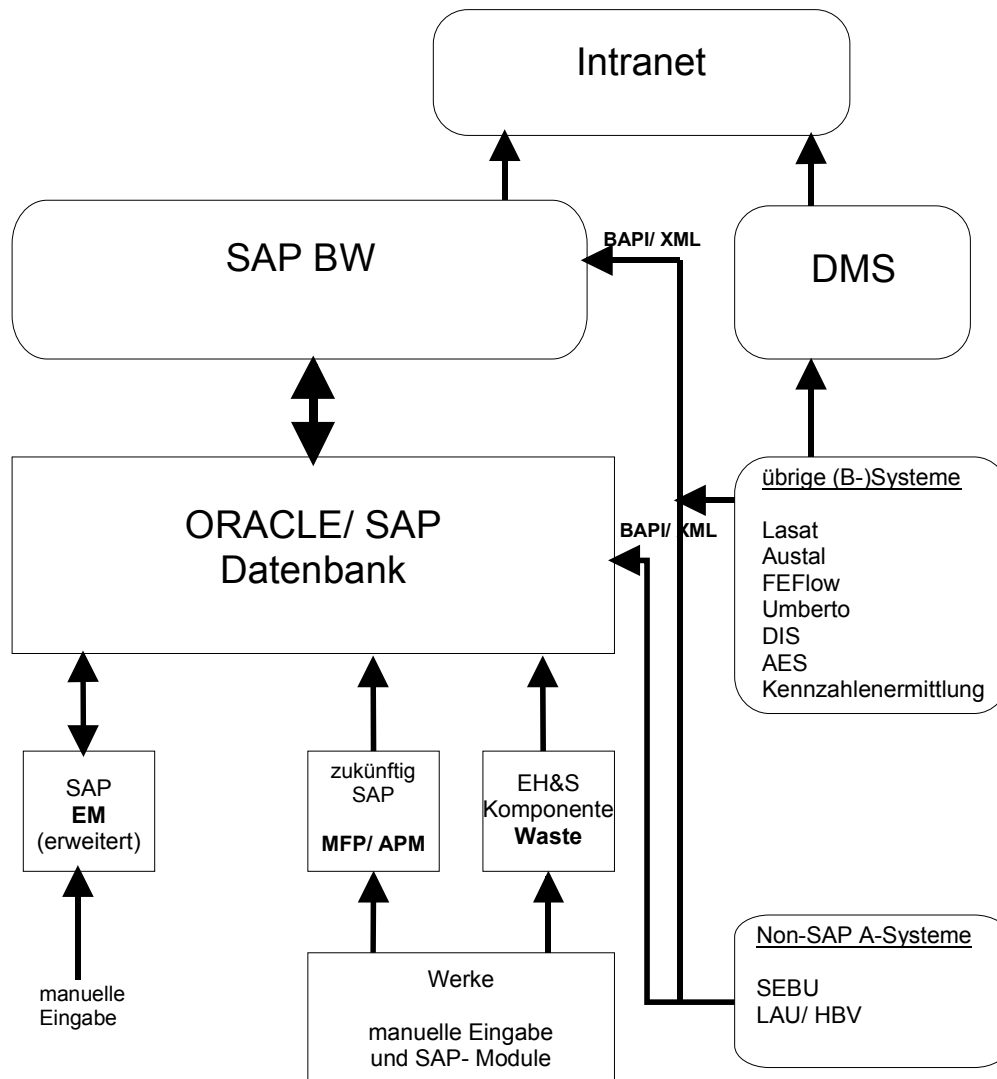


Abb. 3.5: Integriertes System für Umweltinformationen (Szenario D)

### 3.3.2.1 Aufteilung des Szenarios in drei Umsetzungsstufen

Anhand des in Abschnitt 3.2.2.4 beschriebenen Rankings kann das eigenentwickelte Gesamtszenario D in drei Umsetzungsstufen aufgeteilt werden, die sowohl hinsichtlich des Funktionsumfangs als auch in Bezug auf den erforderlichen finanziellen Aufwand variieren. Dabei ist das Szenario D1 sukzessive in Form der Szenarien D2 und D3 erweiterbar. Ziel ist jeweils die Abdeckung der am höchsten priorisierten Fachaufgaben.

Die *Umsetzungsstufe I* des integrierten Gesamtszenarios beinhaltet als zentralen Bestandteil ein Business Information Warehouse (BW), über das die Aggregation der Ausgabedaten und die Reporting-Ausgaben, vor allem in das Intranet, verlaufen. Als Datenquelle für das BW dient hauptsächlich eine zentrale Datenbank. Diese wird über das SAP Emissions Management (EM)-Tool mit Daten gefüllt. Ein Teil des

verarbeiteten Datenumfangs ist VAWs-bezogen. Das EM-Tool wird nach momentanem Kenntnisstand die Aufgabenbereiche Immissionsschutz und Gewässerschutz abdecken. Als weitere Datenquelle lassen sich externe Non SAP-Systeme, sog. B-Systeme, an das BW ankoppeln. Zu den B-Systemen gehören Austal, Lasat, AES, DIS, FEFlow, Umberto sowie ein System zur Verarbeitung von Umweltkennzahlen. Die Ausgaben dieser Komponenten sollten in einem standardisierten, vom SAP BW unterstützten Format erfolgen. Andernfalls ist die Programmierung einer BAPI-Schnittstelle zum Einlesen der verarbeitungsrelevanten Daten erforderlich. Die Umsetzungsstufe I stellt ein integratives Basisszenario dar, das die durch das Ranking ermittelten wichtigsten Kernaufgaben der Umweltplanung abdeckt<sup>143</sup>. Der Funktionsumfang umfasst Dokumentenverwaltung, Terminverfolgung<sup>144</sup>, Berichtswesen und Anlagenverwaltung. Der Aspekt der Anlagenverwaltung ist von großer Bedeutung, da die Daten des UIS des Istzustands bereits anlagenspezifisch verwaltet werden und somit bei Berücksichtigung dieses Aspektes eine grundlegende Änderung der Struktur der Inputdaten entfällt. Im übrigen werden die meisten umweltspezifischen Fachaufgaben in Industrieunternehmen anlagenbezogen durchgeführt.

Die *Umsetzungsstufe II* stellt eine Erweiterung der Umsetzungsstufe I um die SAP-Komponente Waste dar. Damit kann zusätzlich der Aufgabenbereich des Abfallmanagements (Aufgaben der Reststoffwirtschaft) abgedeckt werden.

In der *Umsetzungsstufe III* werden als Erweiterung der Umsetzungsstufe II die Systeme MFP und APM<sup>145</sup> an die gemeinsame Datenbank angeschlossen. Dadurch können Materialdaten zu den Anlagen automatisch in die Datenbasis überführt werden. Die Funktionalitäten dieser beiden Systeme können nach Ergebnissen einer unternehmensinternen Studie weitgehend durch das SAP EH&S-Modul abgedeckt werden.

Die zwei Grundszenarien des UIS des Istzustands und des neu entwickelten integrierten Systems wurden in Bezug auf ihre Systemkomponenten, die damit verbundene Infrastruktur zwischen diesen Bausteinen sowie den Abarbeitungsgrad der existierenden umweltbezogenen Fachaufgaben beschrieben. Zur Umsetzung des integrierten Szenarios sind jedoch zusätzliche detailliertere Angaben nötig, die für jede im Konzept berücksichtigte Fachaufgabe die durchzuführenden Kalkulationsschritte und den Datenfluss der zu verarbeitenden Informationen abbilden. Als allgemeines Beispiel in Form einer nach dem Ranking zu priorisierenden Fachaufgabe wird dieses Vorgehen

---

<sup>143</sup> Es werden die Aufgabenbereiche Sachverständigenorganisation, Abwasserkataster, Emissionskataster, Störfallverordnung sowie Genehmigungsverfahren nach BImSchG erfüllt.

<sup>144</sup> Die Funktionalität der Terminverfolgung wird durch das im Emissions Management integrierte Task Management-Tool erfüllt.

<sup>145</sup> Die Abkürzung APM beschreibt ein System im Bereich Arbeitsplatzmessungen.

anhand der VOC-Bilanzierung verdeutlicht. In allen anderen Aufgaben der Umweltplanung ist analog zu verfahren. Erst auf der Grundlage dieser Detailinformationen über Datenflüsse und Datenabhängigkeiten ist eine Umsetzung des Gesamtsystems möglich.

### **3.3.2.2 VOC-Bilanzierung als Beispiel zur allgemeinen Konzeptumsetzung**

Die VOC<sup>146</sup>-Bilanzierung befasst sich mit ca. 10 genehmigungspflichtigen Anlagen am Standort Wolfsburg. Insgesamt werden knapp 50 verschiedene Materialien verarbeitet.

Es erfolgt eine anlagenspezifische Erfassung der Daten in unterschiedlichen Zeitabständen. Die erstellte VOC-Bilanz ist eine Jahresbilanz. Sie wird jeweils komplett neu erstellt und muss vollständig mit Daten gefüllt sein. Die Bilanz dient vor allem als Grundlage für Genehmigungsanträge.

Datenquellen stellen neben dem persönlichen Abfragen von Informationen die Datenbanksysteme DIBUS<sup>147</sup> und MFP dar. Die Datenzuständigkeit der Datenerfasser ist anlagenabhängig und nicht zu vereinheitlichen. Monatliche Nutzer der Ergebnisse sind zum einen die Behörden, die die Daten per Post erhalten. Daneben könnte der Umweltschutz die Informationen im VOC-Anlagenkataster weiterverwenden. Den Betreibern dienen die Informationen zum Vergleich und zur Kontrolle der Einhaltung von Grenzwerten. Eine Dokumentenarchivierungsfunktion wäre zur Nutzung für Genehmigungsverfahrensschemata oder zur Archivierung der VOC-Bilanzen der Vorjahre notwendig. Die Funktionalität der Dokumentenrecherche ist für eine Datenverwaltung nach Anlage und Jahr bzw. Kostenstelle und Jahr sinnvoll. Als Reporting wird neben der eigentlichen Excel-Tabelle eine Flussdiagrammdarstellung der Anlage veröffentlicht. Sie dient nur der Dokumentation und wird nicht weiterverarbeitet. Im Intranet werden die eigentliche Bilanz in Tabellenform und zur graphischen Darstellung das Flussdiagramm ausgegeben. Dabei erfolgt eine Aufschlüsselung pro Anlage nach Input- und Output-Daten mit Materialnummern. Als Einstieg in das Verfahren wäre der Einsatz eines GIS, zur graphischen Auswahl der zu behandelnden Anlage, sinnvoll. Die Umsetzung bedeutet jedoch einen, im Verhältnis zur verarbeiteten Datenmenge, hohen Programmieraufwand.

Im folgenden Abschnitt wird die bei der Volkswagen AG eingesetzte relationale Datenbank *MFP* (Material-Freigabe-Prozessmaterialien) genauer beschrieben. Sie dient

---

<sup>146</sup> Der Begriff VOC beschreibt organische Lösemittel mit einem bestimmten Dampfdruck.

<sup>147</sup> Die Abkürzung DIBUS bezeichnet das bei der Volkswagen AG eingesetzte Dispositions-, Bestandsinformations-, Unterstützungssystem.

der Ablage von Informationen zu chemischen Prozessmaterialien<sup>148</sup>. Aus technischer Sicht beruht MFP auf dem relationalen IBM DB2-Datenbanksystem<sup>149</sup>. Die Datenablage erfolgt demnach in Tabellen. Zusätzlich sind IBM-Komponenten auf IMS-Basis<sup>150</sup> im Einsatz sowie der Emulator „Extra“, der die Funktion eines graphischen Clients besitzt. Durch das EG-Sicherheitsblatt sind bestimmte der gehaltenen Daten gefordert. Im System werden Daten zu Materialbeschreibung, Einsatzzwecke und –orte, Gefährdungspotentiale, Sicherheitsangaben sowie Vorschriften für Umgang und Transport gehandhabt. Durch Änderung der Gegebenheiten, z.B. Gesetzesänderungen, sind die Freigabedaten in MFP nicht immer auf dem aktuellen Stand. Aktualisierungen der Datenbasis werden nur bei zwingendem Bedarf durchgeführt. Darüber hinaus ist eine Online-Nutzung von MFP möglich, und es existieren verschiedene Auswertungsmöglichkeiten. Eingaben in die Datenbank erfolgen diskontinuierlich, wenn ein neues Material in einem Prozess benötigt wird. Man rechnet mit 200 bis 400 Freigaben pro Jahr und mit 200 bis 400 Änderungen von Materialeigenschaften, die ebenfalls in die Datenbank einfließen.

Um den für die Bilanzierung benötigten VOC-Gehalt eines Prozessmaterials zu erhalten, ist neben der Materialnummer die Lieferantenummer des Zulieferers anzugeben. Die Lieferantenummer wird zur eindeutigen Identifikation des Materials benötigt, da verschiedene Zulieferer Produkte gleicher Art zur Verfügung stellen können, die beispielsweise in der Zusammensetzung geringfügig voneinander abweichen können. Die Datenausgabe besteht aus dem Datensatz zum jeweiligen Material. Der Datensatz ist in Phrasen<sup>151</sup> strukturiert, die eine Sprachunabhängigkeit bei der Datenausgabe ermöglichen. Jede Phrase spezifiziert ein Datenfeld.

Der grundlegende Aufbau und Datenumfang von MFP umfasst die folgenden Punkte, die jeweils materialbezogen zu verstehen sind (nach Volkswagen-Systemübersicht, Intranet):

- Datenbereiche
- Materialbeschreibung, Einsatzzwecke, Bearbeiter
- Verwendungszweck
- Chemische Zusammensetzung

---

<sup>148</sup> Prozessmaterialien sind Stoffe und Stoffkombinationen, die im Arbeitsablauf physikalisch oder chemisch verändert werden.

<sup>149</sup> Der Ausdruck DB2 beschreibt die Software Database 2 der IBM.

<sup>150</sup> Die Abkürzung IMS bedeutet Information Integration, Management and Scalability. IBM IMS dient dem Systemmanagement.

<sup>151</sup> Eine Phrase bezeichnet in diesem Zusammenhang einen Ausdruck mit Schlüsselfunktion.

- Physikalische, chemische und sicherheitstechnische Angaben
- Transportvorschriften
- Vorschriften, z.B. GefahrStoffV, VbF, WHG
- Kennzeichnungsangaben, Gefahren- und Sicherheitshinweise
- Lagerungs- und Handhabungshinweise
- Schutzmaßnahmen und Erste Hilfe
- Angaben zu Toxikologie und Ökologie
- Online-Suchfunktionen über Produkt- und Materialbezeichnung, Tabellendatenanzeige, Druckausgaben
- Schnittstellen zu den Fremdsystemen  
(DISPO, BESSY, MABON, ZBM, TEIVON, ES)

Thema des nachfolgenden Abschnitts ist das Dispositions-, Bestandsinformations-, Unterstützungssystem (DIBUS), auf Datenbankebene auch als Materialbestandssystem (MABES) bezeichnet. Es baut, analog zu MFP, auf einer DB2-Datenbank auf und ist sowohl auf der Input-Seite als auch auf der Output-Seite über geeignete Schnittstellen mit externen Systemen verbunden. Auf diesen Seiten sind teilweise SAP-Komponenten im Einsatz. Dabei verläuft die Datenkommunikation über eine angepasste BAPI-Schnittstelle. In den anderen Fällen werden eigene Standardprogramme zur Datenübermittlung von und zu den Fremdsystemen genutzt. Die Materialdaten werden erfasst, sobald eine Avisation eines Zulieferers bzgl. einer Materialanlieferung besteht. Diese Information erhält DIBUS direkt aus den Systemen der Zulieferer. Im Werk selbst werden alle Daten zunächst manuell eingegeben. Materialbestände werden in DIBUS anhand von Materialbewegungen gebildet: Als Grundlage werden hierfür unterschiedliche Materialflussabschnitte im Unternehmen betrachtet<sup>152</sup>. Im Falle von Materialrückflüssen, z.B. auf Grund einer zu hohen Bestellmenge, werden Rückbuchungen vorgenommen, und es wird ein negativer Materialfluss, z.B. vom Lager zur Kostenstelle, erfasst.

---

<sup>152</sup> Materialflussabschnitte im Unternehmen sind z.B. Material auf Transport (MAT), Wareneingang, Lager an Kostenstelle etc..

Der Funktionsumfang von DIBUS umfasst u.a.

- Darstellung der Materialflüsse zwischen Lager und Kostenstelle
- Kumulation von Materialbeständen über längere Zeiträume (z.B. pro Monat)
- Kumulation nach Art der Materialbewegung
  - Warenausgangskumulativ
  - Lagerzugangskumulativ
  - Lagerabgangskumulativ
- Gefilterte Datenausgabe, je nach Umfang der Selektionsspezifikation

Die Darstellung erfolgt über ein Materialfluss-„Konto“, das anhand einer 24-stelligen Sachnummer (Materialnummer), Quellen- und Zielangabe des Materialflusses (z.B. Lager → Kostenstelle) sowie Betrachtungszeitraum die Materialbewegungen mit Mengenangabe auflistet. Im Hinblick auf die Sachnummer wird Material mit identischer Bezeichnung, aber unterschiedlichem Zulieferer, im Gegensatz zu MFP, nicht differenziert. Die Datenstruktur von DIBUS basiert auf einem Entitätenmodell<sup>153</sup>, das aus den einzelnen Materialflussabschnitten aufgebaut ist. Zur externen Weiterverarbeitung lassen sich die Materialflussdaten entitätenspezifisch über Online-Zugriffsmodule auslesen. Darüber hinaus können Materialbestände mit geringem technischem Aufwand über Menge und Kostenstelle aggregiert und in ein Flatfile<sup>154</sup> ausgegeben werden.

Die *Datenflussbeschreibung mit Darstellung des fachlichen und technischen Ablaufs* ist Inhalt des folgenden Abschnitts. Der Betreiber einer Anlage liefert eine Liste von Materialnummern der Farben und Lösemittel, die verarbeitet wurden. Über die Kostenstellen(-nummern) läßt sich mit diesen beiden Daten aus der DIBUS-Datenbank die Menge des jeweiligen Materials bestimmen, das von den Lägern in die angegebene Kostenstelle geflossen ist. DIBUS benötigt für eine spezifische Ausgabe die Angabe einer 24-stelligen Materialnummer, der Lieferantenummer und einer 5-stelligen Nummer, die die Kostenstelle spezifiziert sowie des Erfassungszeitraums. Wichtig ist in diesem Zusammenhang die Häufigkeit der Datenabfrage bei DIBUS. Die VOC-Bilanz soll einen Jahreswert liefern. Zur Aufnahme von Materialflussspitzen ist eine Erfassung von Monatswerten der Materialflüsse sinnvoll, die für die Bilanzierung über ein Jahr

---

<sup>153</sup> Ein Entitätenmodell beschreibt Informationen in Form von Entitäten und deren Beziehungen. Die Entitäten werden durch Metadaten beschrieben.

<sup>154</sup> Als Flatfile wird eine reine Textdatei ohne Formatierungsangaben bezeichnet.

summiert werden. Anhand von Materialnummer und Lieferantenummer lässt sich auch der Lösemittelgehalt im jeweiligen Material aus der MFP-Datenbank auslesen. Über die zuvor mit Hilfe des DIBUS bestimmte Materialmenge kann so die Lösemittelmenge in KG/ Jahr ermittelt werden. Die beiden Größen Materialmenge und Lösemittelmenge stehen über den Lösemittelgehalt in Beziehung. Zu beachten ist, dass die Begriffe Lösemittel und VOC-relevanter Stoff nicht äquivalent sind. Der Lösemittelbegriff schließt allerdings den VOC-Begriff ein. Somit kann die Menge der lösemittelhaltigen Stoffe nicht geringer sein als die Menge der VOC-relevanten Stoffe. Liegt die zu Grunde gelegte Lösemittelmenge unter dem gesetzlichen Grenzwert, so gilt dies auch für die Menge an VOC. Für den abgestimmten Zusammenfluss der MFP- und DIBUS-Daten ist eine eindeutige Gegenüberstellung der Materialnummernsysteme der beiden Systeme erforderlich: MFP unterscheidet identische Materialien, die von unterschiedlichen Lieferanten stammen, DIBUS hingegen nicht. Da in den DIBUS-Daten die Lieferanteninformation in den Materialflussabschnitten nach Wareneingang nicht mehr eindeutig zuzuordnen ist, ist ab der Zusammenführung der MFP- und DIBUS-Daten in der Erstellung der VOC-Bilanzierung eine Weiterverarbeitung ohne Lieferantendifferenzierung bei gleichem Material umzusetzen. Dazu müssen die Daten beider Datenquellen ein identisches Materialnummernsystem unterstützen. Die von MFP verwendete Materialnummer ist 9-stellig. Ein fiktives Beispiel hierfür wäre „ABC123456“. Dazu existiert die 11-stellige Lieferantenummer. Sie könnte beispielsweise die Form „00001234/00“ besitzen. Dagegen besitzt die DIBUS-Materialnummer 24 Stellen, die teilweise mit Platzhaltern gefüllt sind. Ein Beispiel für eine Sachnummer dieser Art wäre „\_ABC 123 456 78 \_\_\_\_ \_“. Für die MFP-Daten ergibt sich die Aufgabe der Zuordnung der  $n$  lieferantenspezifischen Materialnummern ( $n \geq 1$ ) zu einer materialspezifischen Sachnummer. Dies könnte mit Hilfe einer Zuordnungstabelle automatisiert durchgeführt werden. Da der VOC-Gehalt bei Materialien gleicher Materialbezeichnung und unterschiedlichen Lieferanten schwanken kann, ist, um die gesetzlichen Grenzwertbestimmungen nachweislich zu erfüllen, der Lösemittelanteil des Lieferanten, dessen Material den höchsten Lösemittelgehalt aufweist, für die Berechnung zu Grunde zu legen. Den Aufbau des beschriebenen Teilsystems veranschaulicht die Abb. 3.6.



## VOC-Bilanzierung: Gesamtsystem

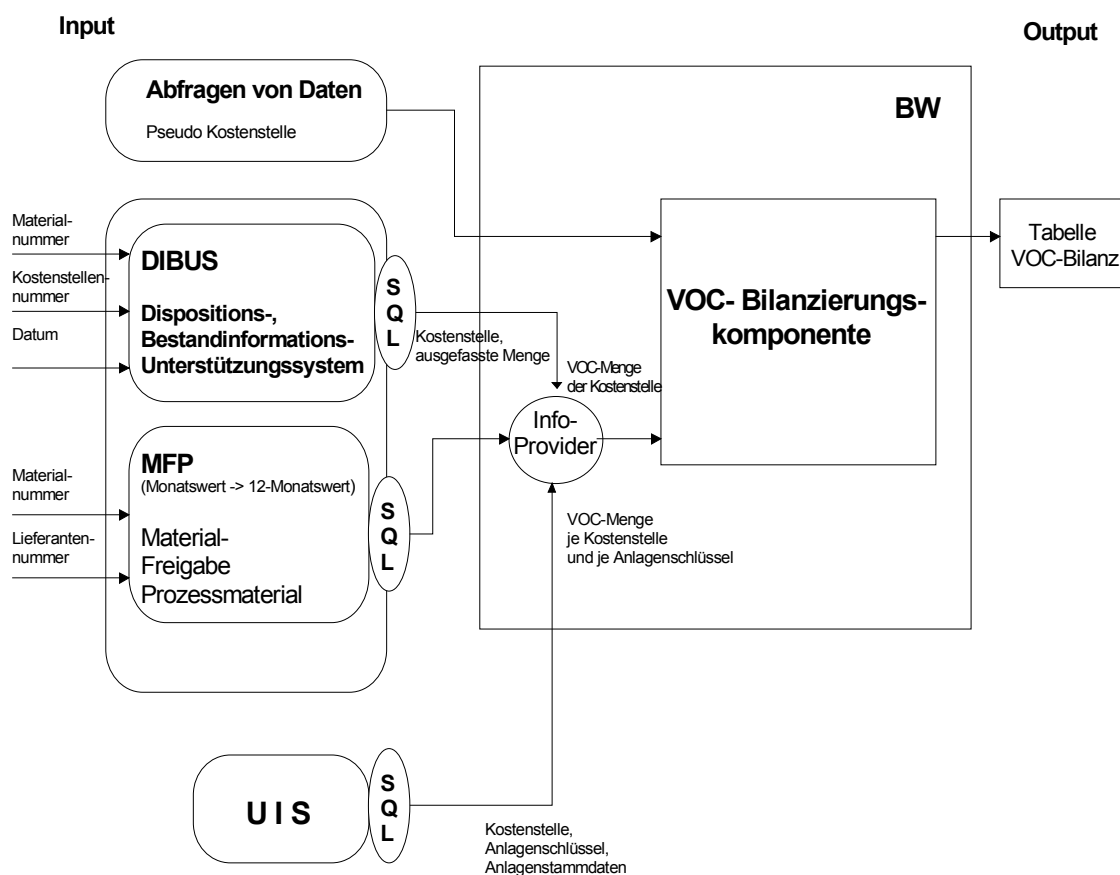


Abb. 3.6: Datenfluss VOC-Bilanzierung – Gesamtsicht, Umsetzungsstufen

Innerhalb der VOC-Bilanzierungskomponente fließen die über MFP und DIBUS ermittelten Daten als Berechnungsgröße I1 (organische Lösemittel, die eingekauft bzw. eingesetzt werden) ein. Alle übrigen zur Bilanzierung benötigten Parameter beruhen entweder auf Messungen, sind manuell zu erfassen (z.B. telefonisch erfragen) oder müssen mangels verwendungsbezogener Größen geschätzt werden. Für die Bilanz werden neben einer Reihe von Anlagendaten, denen der UIS-Anlagenstammsatz (vgl. Anhang B, Datenhaltung der Anlagenstammdaten im UIS) als Quelle dienen kann, drei Kategorien von Ergebnisdaten ermittelt: Diffuse Emissionen, Gesamtemissionen und sonstige Größen. Die diffusen Emissionen lassen sich nach einer direkten oder einer indirekten Methode jeweils für Anlagen der Kategorien A bzw. B berechnen. Da der Faktor O9 (organische Lösemittel, auf sonstigem Wege freigesetzt) in der Regel nicht ermittelbar ist, wird in der betrieblichen Praxis hauptsächlich die mittelbare Methode zur Berechnung der diffusen Emissionen angewendet, in der dieser Faktor nicht existiert. Die Berechnung der Gesamtemissionen wird lediglich nach Anlagenkategorien unterschieden. Zu den sonstigen Größen zählen der Lösemittelverbrauch und ein Anteilswert für diffuse Emissionen zur Kontrolle. Den Datenfluss im VOC-

Bilanzierungskonzept sowie die gesetzlich vorgeschriebenen Berechnungen veranschaulicht Abb. 3.7. Dabei symbolisieren Elemente ohne Beschriftung Daten, die nicht ermittelbar sind.

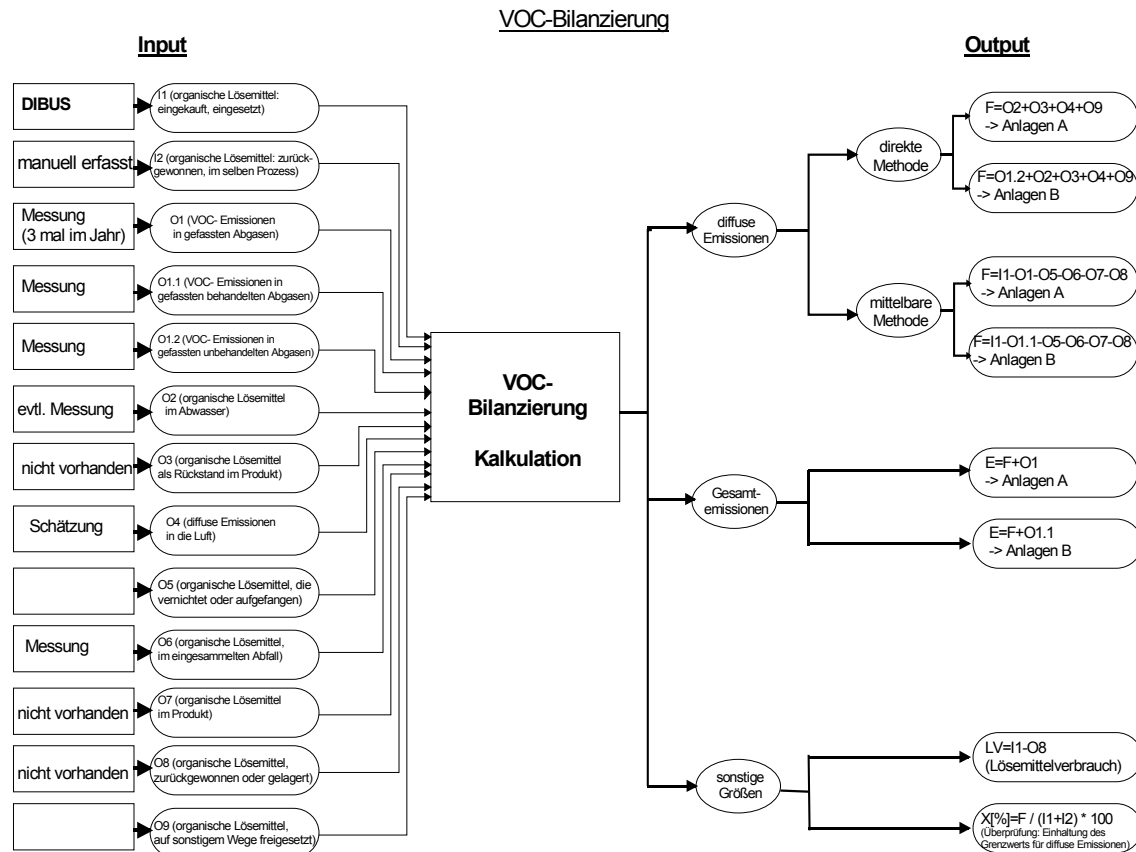


Abb. 3.7: Datenfluss Kalkulation VOC-Bilanzierungskomponente

Die Ausgabe der Bilanzierungsergebnisse erfolgt wie im aktuell eingesetzten System über ein Excel-Sheet (vgl. Anhang C, Aufbau des Excel-Sheets), dessen Aufbau durch die gesetzlichen Auflagen festgelegt ist und eine graphische Flussdarstellung (vgl. Abb. C.1, Anhang C). Im Kopf der Excel-Tabelle werden einige Anlagendaten zur Beschreibung sowie das Bilanzjahr und die Art der verwendeten Methode zur Berechnung der diffusen Emissionen (Direkte/ Indirekte Methode) angegeben. Danach werden im Hauptteil der Tabelle die einzelnen Input-Faktoren zur VOC-Bilanzierung dargestellt sowie bereits einzelne Zwischenergebnisse berechnet (z.B. Eintrag in die Anlage). Schließlich werden die diffusen Emissionen, die Gesamtemissionen sowie der prozentuale Anteil der diffusen Emissionen am Lösemiteileinsatz ermittelt. Zusätzlich ist eine Ausgabe der Daten in einem Flussdiagramm mit Quelle und Senke denkbar.

Nachfolgend wird der Aufbau einer *Schnittstelle auf der MFP-Seite* beschrieben.

Die Werte für

- Materialnummer
- Lieferantennummer
- VOC-relevantes Material
- VOC-Gehalt

können im MFP-Datensatz jeweils anhand der durch die Datenstruktur vorgegebenen Phrasen identifiziert werden.

Jedem Datenfeld ist genau eine Phrase zugeordnet. Sucht man im Datensatz eines Prozessmaterials z.B. nach seinem VOC-Gehalt, so sucht man die Stelle im Datensatz, an der die Phrase für VOC-Gehalt vorkommt und dann die nächste nachfolgende Zahl. Diese ist genau der Wert des VOC-Gehalts und kann per aktiver Datenentladung aus der MFP-Datenbank extrahiert werden. Diese Vorgänge können über SQL-Befehle (vgl. 2.3.3) abgewickelt werden. In der Umsetzungsstufe III des integrierten Szenarios werden die MFP-Funktionalitäten über eine SAP-Komponente realisiert. In diesem Fall liegt das erforderliche Datum des VOC-Gehalts in der an das BW angekoppelten ORACLE-Datenbank vor und wird von dort in den Info Provider<sup>155</sup> im BW eingelesen. Die Daten aus der UIS-Datenbank, die in der Umsetzungsstufe III in der zentralen ORACLE-Datenbank liegen, Kostenstelle, Anlagenschlüssel sowie der Anlagenstammsatz, lassen sich auch in diesem Fall per SQL-Befehl auslesen. Sie fließen ebenfalls in das SAP BW ein. Zusätzlich sind die telefonisch nachgefragten Daten manuell in das SAP-Teilsystem einzugeben. Dies kann durch Frontend-basierte Eingabe in die zentrale Datenbank erfolgen.

Die über SQL-Befehle ausgelesenen Daten werden in das SAP BW übertragen und in ein geeignetes Datenkonstrukt (Info Provider) eingelesen und aggregiert. Die durch den Gesetzgeber festgelegten Kalkulationsschritte im Rahmen der VOC-Bilanzierung lassen sich in MS Excel durchführen, das über eine standardisierte Schnittstelle mit dem SAP BW verbunden ist. Das Ergebnis der Kalkulation bildet der erwünschte Excel-

---

<sup>155</sup> Info Provider stellen Objekte mit physisch vorhandenen Daten (Datenziele) sowie Objekte ohne physische Datenablage dar.

Sheet. Über den BW-Business-Explorer<sup>156</sup> lassen sich zusätzliche graphische Visualisierungen der VOC-Daten erzielen (z.B. Flussdarstellung).

#### *Anforderungsprofil für die Fachaufgabe VOC-Bilanzierung*

Die im Folgenden genannten Anforderungen an den *fachlichen Funktionsumfang* sind aus Gesprächen mit Experten der Umweltplanung im Bereich VOC-Bilanzierung hervorgegangen.

- In der Datenverwaltung Vermeiden von
  - EDV- technischen Mängeln der Datenbank sowie fehlenden Verknüpfungen
  - fehlenden Buchungen bei den Lagerverwaltungssystemen
  - nicht aktuellen oder fehlenden Freigaben
- Materialbestand in MFP mit Materialbestand im Einkauf über Materialnummern synchronisieren, um eventuelle Abweichungen aufzudecken, die nicht den realen Bestand widerspiegeln
- Synchronisation des Materialbestands in Fertigung und Prozesstechnik
- Recherchemöglichkeiten hinsichtlich:
  - VOC-Relevanz des Materials
  - Lagerort von Stoffen im Werk (insgesamt 38 unterschiedliche Stoffarten) nach Störfallverordnung (Angabe von Gefahrenpotential und Konzentration gelagerter Stoffe)
  - Stoffeigenschaften nach Gefahrstoffverordnung: z.B. giftig, hochentzündlich
  - Materialname bzw. Identifikationsnummer
- Erweiterte Funktionalitäten des VOC-Tools
  - Emissionserklärung für eine Anlage zur Grenzwertkontrolle

---

<sup>156</sup> Der *Business Explorer* dient der strategischen Analyse und Entscheidungsunterstützung im Unternehmen. Er beinhaltet Query-, Reporting- und OLAP-Funktionen als flexible Reporting- und Analysewerkzeuge

- Nachtragen von Daten (z.B. von Materialien, die keine Materialnummer besitzen: bei Versuchen)
- Vergleich der bearbeiteten Anlagendaten mit denen anderer Anlagen oder Genehmigungsunterlagen
- VOC-Bilanz mit Angabe der Materialherkunft
- Anlagenkategorie (A oder B) aus dem Datenfeld Anlagenart ableiten (über Zuordnung Anh.I der 31. BImSchV, Anlagentyp)
- Graphische Datenausgabe nach VOC-Bilanzschema (vgl. Abb. C.1, Anhang C) oder als Quelle-Senke-Diagramm<sup>157</sup>

Anhand des dargestellten Datenfluss- und Verarbeitungsmodells sowie der Anforderungen an die Realisierung der computerunterstützten Abarbeitung der Fachaufgabe VOC-Bilanzierung sind nun die wesentlichen Angaben für eine DV-technische Umsetzung gegeben. In der Darstellung, wie auch in einem großen Teil aller umweltbezogenen Aufgaben, erfolgt die Datenverarbeitung mit Hilfe von Standardsystem-(SAP-)Komponenten. Zur Ermittlung der Vorteilhaftigkeit des neuentwickelten Systems werden im folgenden Abschnitt die Umsetzungsstufen des integrierten Szenarios sowie das Ausgangssystem anhand mehrerer Kriterien mit Hilfe eines Entscheidungsverfahrens bewertet.

### **3.3.3 Multikriterielles Entscheidungsverfahren**

Ausgangspunkt dieses Projekts war das bestehende UIS der Volkswagen AG in seinem Istzustand, bestehend aus voneinander unabhängigen aufgabenspezialisierten Systemen, die nicht miteinander kommunizieren können.

Als Konzept für ein integriertes System für Umweltinformationen ist in den vorangegangenen Abschnitten dieses Werkes das Szenario D entwickelt und beschrieben worden. Es unterstützt durch den Einsatz der im vorigen Kapitel beschriebenen Standardsystemkomponenten die Kommunikation zwischen DV-Modulen vor allem in Fachaufgabenbereichen, die mit einer großen Anzahl an Informationsnutzern und vielen Datenquellen verbunden sind.

---

<sup>157</sup> Ein Quelle-Senke-Diagramm bildet den Materialfluss vom Eingang in das Unternehmen (Quelle) bis zum Verlassen (Senke) ab.

Durch die nachfolgende Anwendung des multikriteriellen Entscheidungsverfahrens soll die Qualität der beiden Systemalternativen in Form von aufwands- und nutzenbezogenen Größen bewertet werden. Das Szenario D ist, abhängig von der Menge eingesetzter SAP-Komponenten, in drei Umsetzungsstufen realisierbar. Neben dem Ausgangsszenario soll für jede dieser Stufen (Istzustand sowie integrierte Szenarien I bis III) eine Auswertung durch das Entscheidungsverfahren erfolgen. Somit beinhaltet die vorliegende Entscheidungssituation insgesamt vier Szenarien.

Mit Hilfe eines computerbasierten Entscheidungsunterstützungssystems, dem PROMETHEE II-Verfahren, findet eine Gesamtbewertung aller Alternativen statt. Dieser Ergebniswert bildet die Argumentationsgrundlage zur Präferenzierung des unter den gegebenen Umständen vorteilhaftesten der vier Systemkonzepte.

### **3.3.3.1 Festlegen von Kriterien und Gewichtung**

Zur Anwendung des multikriteriellen Entscheidungsunterstützungsverfahrens sind „Technische, ökonomische und ökologische Aspekte [...] mittels geeigneter Kriterien abzubilden und entsprechend den Vorstellungen des Entscheidungsträgers gegeneinander abzuwägen.“ (Geldermann (1999), S. 89).

Dazu wurde gemeinsam mit betrieblichem Expertenwissen eine Kriterienliste aufgestellt, die die Bereiche Investition, Software-Support, System-Handling, Zukunftssicherheit des Systems, Vernetzungsgrad der Komponenten, Abdeckung der umweltrelevanten Fachaufgaben sowie Unterstützung des Reportwesens umfasst. Anschließend erfolgte eine Gewichtung der einzelnen Kriterien zueinander, da auf diese Weise der Faktor der unterschiedlichen Bedeutung der einzelnen systembezogenen Aspekte in das Gesamtergebnis einfließt. Schließlich wurde eine Punktbewertung der vier Szenarien anhand der aufgestellten Kriterien und der Merkmale und Eigenschaften der Systemkonzepte vorgenommen, um ihre wesentlichen qualitativen Merkmale für das Entscheidungsverfahren herauszustellen. Die einzelnen Kriterien und ihre Gewichtungen sowie die Bewertungen der vier Umsetzungsvarianten des Umweltinformationssystems werden, geordnet nach den genannten Kriterienbereichen, in Tab. 3.3 (vgl. PROMETHEE-Verfahren in MS-Excel, Geldermann (1998)) dargestellt. Die Gewichtungen der Kriterien sind zusätzlich graphisch in Abb. 3.8 veranschaulicht. Alle Szenarien sind darin mit Punkten bewertet. Bei allen Kriterien handelt es sich um Maximierungskriterien.

Kriterium	Ist-zustand	Integr. Szenario I	Integr. Szenario II	Integr. Szenario III	Gewichtung
Anschaffungskosten	1,00	0,10	0,05	0,00	8%
Laufende Kosten (Personal etc.)	0,50	0,20	0,10	0,10	6%
Installationsaufwand	0,80	0,40	0,40	0,40	2%
Wartungsaufwand	0,90	0,60	0,60	0,60	5%
Benutzerverwaltung	0,50	0,50	0,70	0,70	3%
Stabilität	0,50	0,80	0,80	0,80	5%
Dokumentenverwaltung	0,30	0,50	0,50	0,50	5%
Terminverwaltung	0,02	0,50	0,50	0,50	5%
Mehrsprachigkeit	0,00	1,00	1,00	1,00	3%
Anlagenverwaltung	0,30	0,80	0,80	0,80	6%
Leistungsfähigkeit (Funktionen)	0,10	0,60	0,80	0,90	1%
Benutzerfreundlichkeit	0,02	0,60	0,60	0,60	5%
Zukunftssicherheit (technisch)	0,10	1,00	1,00	1,00	6%
Zukunftssicherheit (fachlich)	0,05	1,00	1,00	1,00	6%
Internet	0,00	0,60	0,60	0,60	1%
Intraneteingabe	0,00	1,00	1,00	1,00	7%
Schnittstellen (intern+extern)	0,05	0,70	0,70	0,70	3%
Abarbeitungsgrad Fachaufgaben	0,30	0,60	0,70	0,75	8%
Customizingaufwand	0,30	0,40	0,45	0,50	6%
Automatisierungsgrad Reportwesen	0,10	0,60	0,70	0,75	3%
Auswertung Reportwesen	0,00	0,60	0,70	0,75	2%
Visualisierung Reportwesen	0,05	0,40	0,50	0,55	4%

Tab. 3.3: Entscheidungstabelle für das MADM-Verfahren

Die Grundlage zur computerbasierten Anwendung des PROMETHEE II-Algorithmus bildet eine Entscheidungssituation, die sich in Form einer Entscheidungstabelle übersichtlich abbilden lässt. In dieser Darstellungsform werden die zu bewertenden Alternativen, in diesem Falle die vier Szenarien, in Bezug auf die zu Grunde liegenden gewichteten Kriterien mit Punkten bewertet. Diese Werte drücken für jede Alternative den Erfüllungsgrad der Kriterien aus. Bei der Einstufung der UIS-Szenarien entspricht die höchstmögliche Bewertung 1,00. Alle Kriterien sind als Maximierungskriterien anzusehen. Sie decken einen breiten Anforderungsbereich ab. Es werden sowohl Kosten- und Performance-Aspekte als auch funktionale, Aufwands- sowie nutzerbezogene Punkte berücksichtigt.

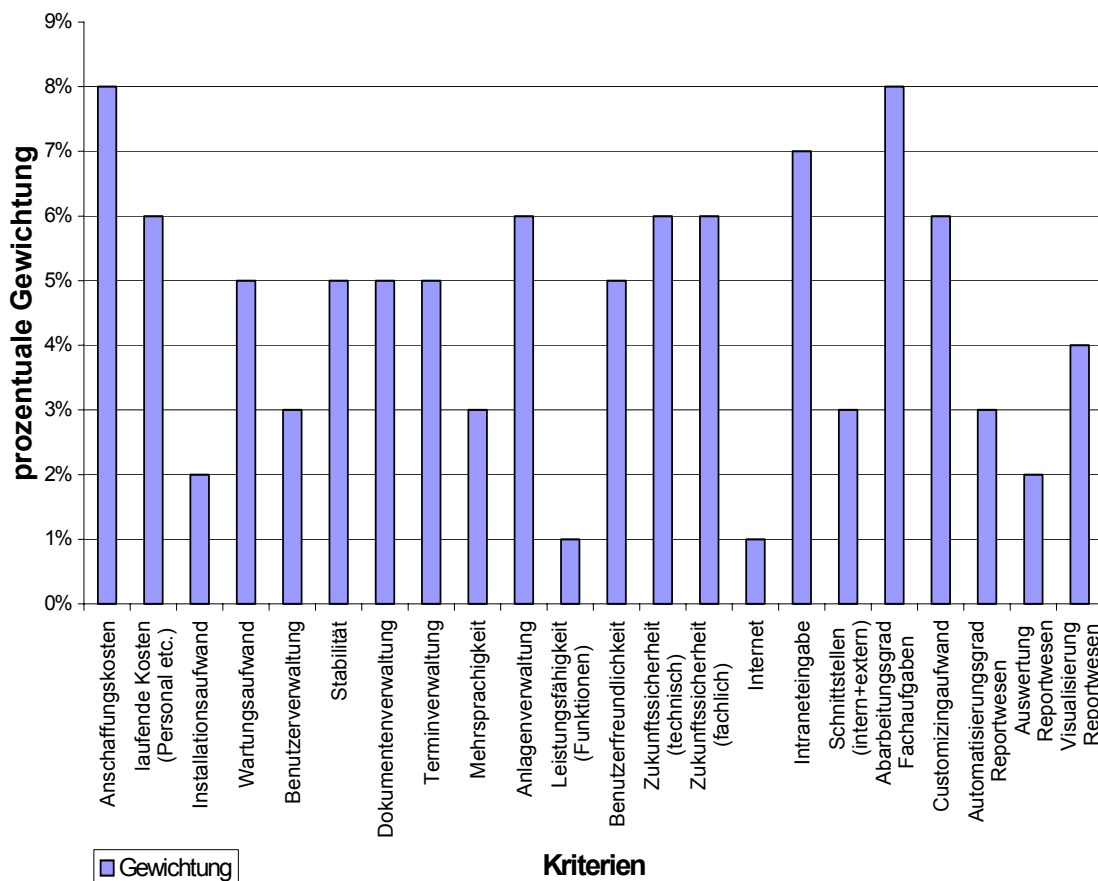


Abb. 3.8: Graphische Darstellung der gewählten Gewichtungsfaktoren

Die Menge der Kriterien lässt sich nach der Höhe ihrer Gewichtungen, ihren Prioritäten, in drei Gruppen „clustern“.



In der Gruppe A der Kriterien mit den höchsten Gewichtungen (Werte > 6 %) befinden sich die Kriterien

- Anschaffungskosten
- Abarbeitungsgrad der Fachaufgaben
- Intraneteingabe.

Der Aspekt der Anschaffungskosten steht in einem Unternehmen, das nach dem Wirtschaftlichkeitsprinzip eine Vermeidung überflüssiger Kosten anstrebt, generell im Vordergrund. Zielsetzung des UIS der Volkswagen AG ist außerdem die höchstmögliche Abdeckung der Fachaufgaben durch das System. Als weitere grundlegende Anforderung wurde die Dateneingabe über das Intranet vorgegeben.

Die Kriterien der Gruppe B wurden mit Werten zwischen 4 % und 6 % gewichtet. Dazu gehören

- Laufende Kosten (Personal etc.)
- Anlagenverwaltung
- Zukunftssicherheit (technisch)
- Zukunftssicherheit (fachlich)
- Customizingaufwand
- Wartungsaufwand
- Stabilität
- Dokumentenverwaltung
- Terminverwaltung
- Benutzerfreundlichkeit
- Visualisierung Reportwesen

Die ersten fünf Punkte der Auflistung stellen wichtige Aspekte dar und wurden mit 6 % gewichtet. Neben den Anschaffungskosten der Gruppe A besitzen aus ähnlichen Gründen die laufenden Kosten eine hohe Priorität in Unternehmen. Allerdings stellen die Anschaffungskosten Fixkosten dar, die laufenden Kosten sind unter anderem vom

Einsatz des zuständigen Personals sowie dem Grad von Serviceleistungen abhängig und somit in gewissen Grenzen beeinflussbar. Die Anschaffungskosten erfordern zudem, im Vergleich zu den laufenden Kosten, die Bereitstellung eines höheren finanziellen Betrages zu einem festgelegten Zeitpunkt. Die Anlagenverwaltung besitzt auf Grund der anlagenbezogenen Abarbeitung in den Fachaufgaben eine hohe Gewichtung. Im Hinblick auf die stetige Weiterentwicklung sowohl auf technischer (neuartige Ansätze für BUIS, neue Generation von Plattformen) als auch auf fachlicher Ebene (Gesetzesänderungen) sind zukünftige Update-Optionen für einen langfristigen Einsatz des Systems erforderlich. Auch der Aufwand für ein Customizing zur Anpassung des Systems an die Aufgaben und Prozesse im Unternehmen ist zu priorisieren, da er über einen längeren Zeitraum mit sehr hohen Kosten verbunden ist.

Als Gruppe C der gering gewichteten Kriterien sind die Aspekte

- Benutzerverwaltung
- Mehrsprachigkeit
- Schnittstellen (intern und extern)
- Automatisierungsgrad Reportwesen
- Installationsaufwand
- Auswertung Reportwesen
- Leistungsfähigkeit (Funktionen)
- Internet

eingestuft. Die letzten beiden Punkte wurden mit 1 % am geringsten bewertet. Der Aspekt der Leistungsfähigkeit ist im Sinne zusätzlicher Funktionalitäten zu verstehen, die über die fachaufgabenbezogenen Anforderungen hinausgehen. Diese Zusatzleistungen werden folglich nicht zur Aufgabenerfüllung benötigt und sind daher gering gewichtet. Die Anbindung des UIS an das Internet ist ebenfalls wenig relevant, da die meisten Ergebnisdokumente des Systems an unternehmensinterne Adressaten gerichtet sind.

### 3.3.3.2 Ergebnisse und Auswertung des Verfahrens

Zur Auswertung der in der Entscheidungstabelle dargestellten Inputdaten ist zusätzlich für jedes Kriterium eine *Präferenzfunktion* zu definieren. Sie ist durch bis zu vier Parameter spezifizierbar.

Zur Bewertung der vier alternativen Szenarien wird für jedes Kriterium eine identische lineare Funktion zu Grunde gelegt. Eine Bewertung der Relevanz jedes einzelnen Kriteriums in Bezug auf die übrigen ist bereits durch die prozentuale Gewichtung gesichert. Das Präferenzverhalten des Entscheidungsträgers, in welchem Maße er bei einer bestimmten Kriterienausprägung eine Alternative bevorzugt, wird als konstant über alle Kriterien angenommen.

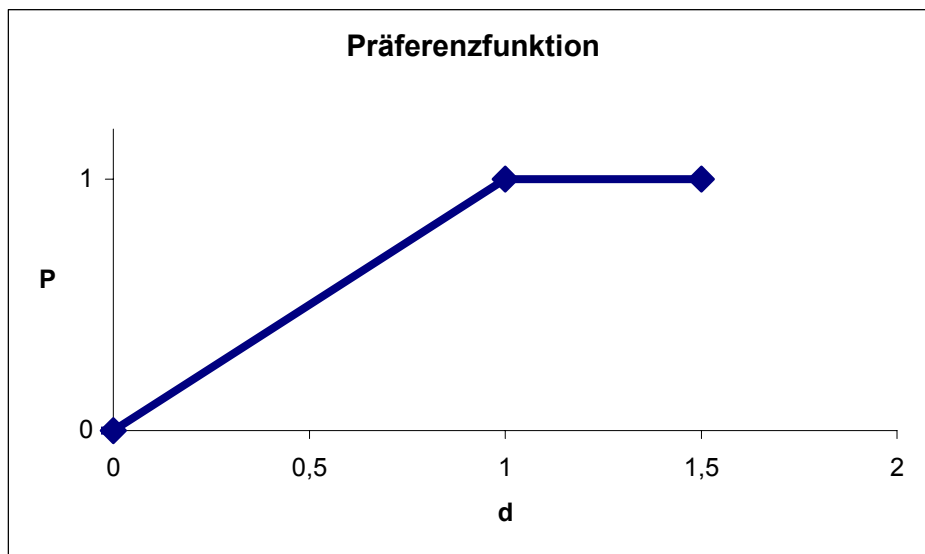
Diese allen Kriterien zu Grunde liegende Präferenzfunktion wird als lineare Funktion angesehen, unter der Annahme, dass sich die Präferenzen (P) des Entscheidungsträgers proportional zu der Differenz der Ausprägungen (d) der Alternativen hinsichtlich der Kriterien verhalten<sup>158</sup>. Sind beispielsweise die Anschaffungskosten für ein System A doppelt so hoch wie für ein System B, so wird System B vom Entscheidungsträger in doppelt so hohem Maße präferiert wie System A.

Da die Inputwerte im Intervall [0,1] liegen und in diesem Intervall die stetige Zunahme der Präferenz bis zum Maximum erfolgen soll, beginnt die Präferenzgerade im Koordinatenursprung und erreicht bei einer Kriterienausprägung von 1 ihr Maximum.

Durch diese Parameter sind der in Abb. 3.9 gezeigte Verlauf der Präferenzfunktion beschrieben und insgesamt alle Inputgrößen zur Anwendung des PROMETHEE-Verfahrens gegeben.

---

<sup>158</sup> Der Differenz  $d$  der Kriterienausprägung hinsichtlich eines Kriteriums  $k$  wird der Präferenzgrad  $P = p_k(d) \in [0,1]$  gegenübergestellt.



Vgl. PROMETHEE-Verfahren in MS Excel, Geldermann (1998); Geldermann (1999), S. 100

Abb. 3.9: Verlauf der Präferenzfunktion

Die Auswertung der Inputdaten erfolgt durch eine computerbasierte Umsetzung des PROMETHEE II-Algorithmus nach den Grundzügen zur Funktionsweise dieses Verfahrens<sup>159</sup>.

Der Algorithmus bildet zur Entscheidungsgrundlage für jede Alternative die Nettoflüsse<sup>160</sup> (Phi Netto). Die Alternative mit dem höchsten Nettofluss ist jeweils zu präferieren. Das Ergebnis des auf die Szenarienbewertung angewendeten PROMETHEE-Verfahrens zeigt Tab. 3.4.

	Phi Plus	Phi Minus	Phi Netto
Istzustand	0,121	-0,444	-0,323
Integr. Szenario I	0,148	-0,061	0,088
Integr. Szenario II	0,160	-0,049	0,112
Integr. Szenario III	0,171	-0,048	0,123

Tab. 3.4: Ergebnisse der Anwendung des PROMETHEE-Verfahrens

<sup>159</sup> Vgl. 2.3.4

<sup>160</sup> Vgl. 2.3.4 PROMETHEE II

Aus den Ergebniswerten lässt sich anhand des Nettoflusses (Phi Netto), der die Differenz aus Eingangs- und Ausgangsfluss darstellt, eine partielle Präordnung der untersuchten vier Alternativen von Systemkonzepten aufstellen. Nach dieser Ordnung sind die Ergebniswerte in Abb. 3.10 dargestellt.

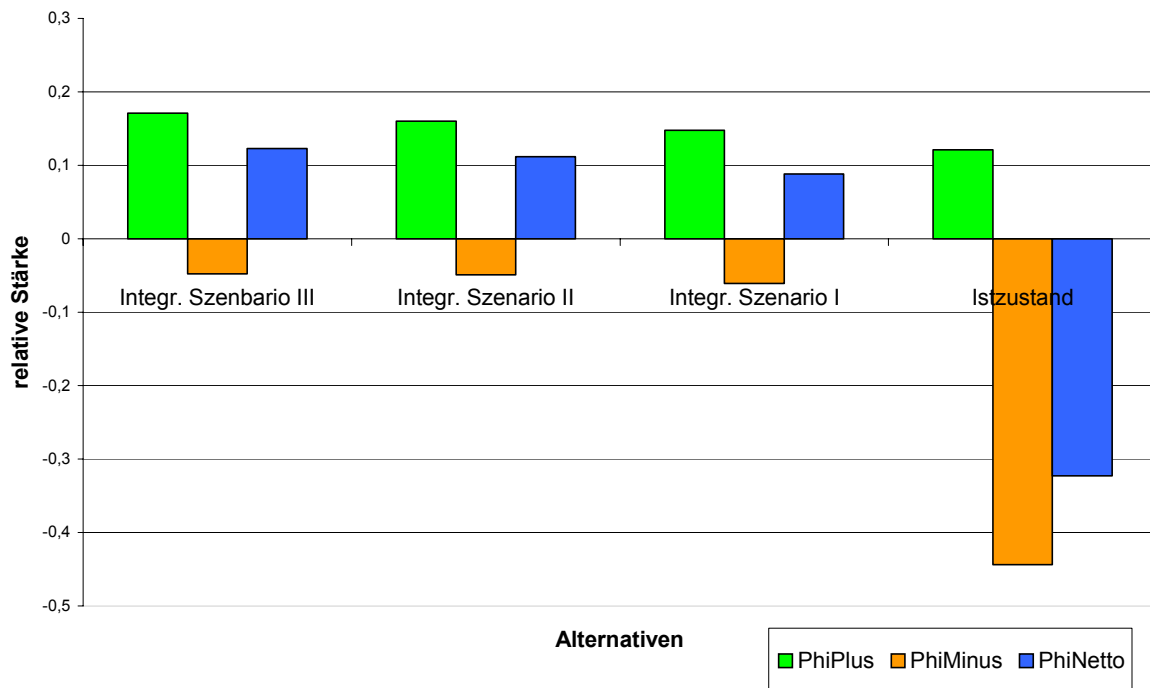


Abb. 3.10: Partielle Präordnung für die Auswertung des MADM-Verfahrens

Demnach besitzt das integrierte Szenario in voller Ausbaustufe (III) den höchsten Nettofluss. Eine Entscheidung sollte im Idealfall für dieses Konzept fallen, da es, bedingt durch seinen hohen Kriterienerfüllungsgrad im Vergleich zu den übrigen Systemalternativen, das günstigste Aufwand-Nutzen-Verhältnis der betrachteten Szenarien besitzt.

Im Verfahren zur Entscheidungsunterstützung lässt die Höhe der Differenzen zwischen den Nettoflüssen zusätzliche Schlüsse auf den Grad der Vorteilhaftigkeit einer Alternative zu. Danach ist die Differenz zwischen dem am geringsten bewerteten System im Istzustand und dem integrierten Szenario mit dem geringsten Nettofluss (I) um mehr als Faktor 10 höher als die Bewertungsdifferenz zwischen den integrierten Szenarien. Dieser Aspekt legt in offensichtlicher Weise die Entscheidung zugunsten eines der integrierten Systeme nahe (vgl. Abb. 3.11).

Die erhaltenen Ergebnisse sind nun noch geeignet zu *interpretieren*. Der hohe Bewertungsunterschied zwischen den Realisierungsvarianten des Konzepts des integrierten Systems für Umweltinformationen und dem Szenario des Istzustands des

UIS spricht im Fall des UIS der Volkswagen AG für die auch in der Theorie zu BUIS geforderte Abkehr von Stand Alone-Lösungen zu integrierten Systemen (vgl. 2.3.2, Ökonomische Gründe). Die Umsetzungsvariante III besitzt die höchste Bewertung durch das Entscheidungsunterstützungsverfahren, ist also theoretisch jeder der anderen drei Alternativen vorzuziehen. Allerdings ist der Bewertungsunterschied von Umsetzungsstufe I zu Umsetzungsstufe II zahlenmäßig höher als die Bewertungsdifferenz zwischen Umsetzungsstufe II und III. Der Grundgedanke der sukzessiven Realisierung des am weitesten integrierten Szenarios III durch Umsetzung des integrierten Basis-Szenarios I und Erweiterung desselben auf Stufe II und III wird somit durch das Verfahren zur Entscheidungsunterstützung untermauert. Bei einer Betrachtung der Nettoflüsse der entscheidungsrelevanten Kriterien mit der höchsten Gewichtung von in diesem Falle 6% bis 8% in einem Netzgraphen (s. Abb. 3.11) lassen sich die Unterschiede zwischen den Vergleichsszenarien in den Präferenzschwerpunkten hinsichtlich einzelner Kriterien erkennen.

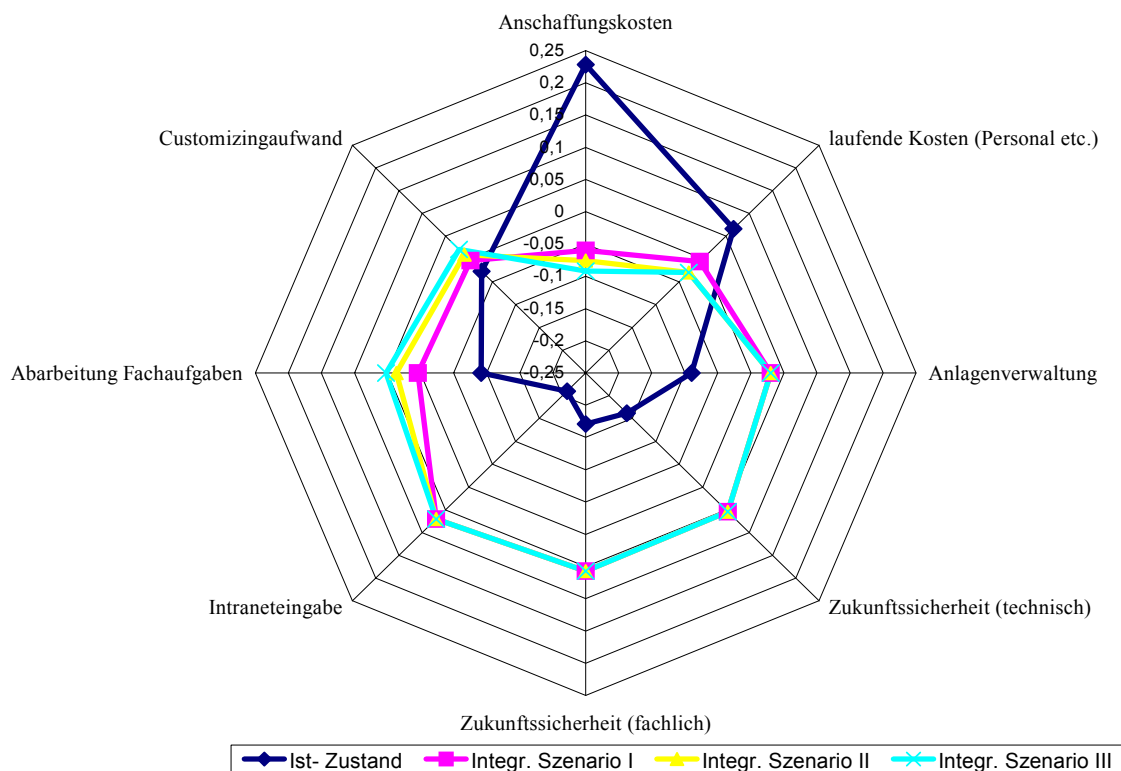


Abb. 3.11: Nettoflüsse der Kriterien mit hoher Gewichtung im Netzgraphen<sup>161</sup>

<sup>161</sup> Die Bezeichnung „Abarbeitung Fachaufgaben“ symbolisiert den „Abarbeitungsgrad Fachaufgaben“.

Dabei ist ersichtlich, dass die Schwerpunkte des Szenarios des Istzustands bei den Kostenaspekten (Anschaffungskosten sowie laufende Kosten) liegen. In allen übrigen betrachteten Kriterien fällt das Istzustands-Szenario hinsichtlich der Präferenz deutlich gegenüber den weiteren Szenarien zurück. Der somit eindeutig erkennbare Präferenzvorteil der integrierten Szenarien spricht für die Realisierung eines integrierten Konzepts anstelle der Beibehaltung des Systems des Istzustands. Alle integrierten Szenarien besitzen einen weitgehend identischen Verlauf. Größere Präferenzunterschiede ergeben sich vor allem in dem durch den unterschiedlichen Funktionsumfang bedingten Abarbeitungsgrad der Fachaufgaben. Auch der Customizingaufwand sowie die laufenden Kosten (u.a. für die Systembetreuung) hängen mit dem Funktionsumfang zusammen und variieren daher in der präferenzbezogenen Auswertung.

Um die Aussagefähigkeit der erhaltenen Ergebnisse beurteilen zu können, ist eine *Sensitivitätsanalyse* durchgeführt worden. Die Insensitivitätsintervalle der dem Verfahren zu Grunde liegenden Kriterien liegen in der Auswertung bis auf vier Fälle zwischen 0% und 100%. Folglich können die Gewichtungen dieser Kriterien jegliche Werte (bis zu 100%) annehmen, ohne dass sich die Gesamtaussage des Entscheidungsunterstützungsverfahrens ändert. Bereits diese Eigenschaft zeigt den über die gesamten betrachteten Kriterien weitgehend einheitlichen Trend zur ermittelten Präferenzordnung und stützt damit das Ergebnis. Im Vergleich dazu sind die Insensitivitätsintervalle der Kriterien Anschaffungskosten [0%; 46,15%], laufende Kosten [0%; 53%], Installationsaufwand [0%; 92,91%] sowie Wartungsaufwand [0%; 87,88%] zum Teil deutlich kleiner. Bei einer existierenden maximalen Kriteriengewichtung von 8% (z.B. Anschaffungskosten), die demnach in großem Abstand zur jeweiligen Intervallgrenze liegt, stellen die Aussagen des PROMETHEE-Verfahrens ein stabiles Ergebnis in Bezug auf Verschiebungen von Kriteriengewichtungen dar.

## **4 Schlussbetrachtung**

### **4.1 Zusammenfassung**

Aufgabenstellung dieses Projektes war die Konzeption eines integrierten Systems für Umweltinformationen. Das Systemkonzept sollte dabei Strukturen und Methoden nach aktuellem wissenschaftlichem Stand beinhalten.

Einige wesentliche Punkte sind dabei

- verteilte integrierte Systeme
- Client-Server-Technologie
- weitgehender Gebrauch von Standardsystemen
- Einbinden externer Datenquellen über geeignete Schnittstellen
- Einsatz eines Business Information Warehouses (BW)
- Automatisiertes Reporting
- Visualisierung umweltrelevanter Informationen
- Dokumentenmanagement-Funktionalitäten.

Ein Oberkriterium war die Abdeckung der wichtigsten Fachaufgaben. Nach den zum Zeitpunkt der Entwicklung des Konzepts verfügbaren Informationen und dem Expertenwissen der Umweltplanung wird davon ausgegangen, dass die über ein nutzwertbasiertes Ranking ermittelten relevantesten umweltbezogenen Fachaufgaben durch die SAP-Komponenten EM und EH&S weitgehend erfüllt werden. Für Aufgaben, die durch diese Systeme nicht erfüllt werden, erfolgt die Abarbeitung in Form separater Einzelsysteme, die ihre Ergebnisdaten, ebenso wie die SAP EM- und EH&S-Tools an ein SAP BW liefern. Dort ist eine zielgerichtete Auswahl benötigter Daten aus einer Vielzahl heterogener Quellsysteme sowie die Aggregation und Weiterverarbeitung dieser Informationen möglich. Vor allem lässt sich die für den Bereich der Umweltplanung wesentliche Erstellung von Reporting-Dokumenten über den Business-Explorer des BW durchführen. Auch die Anbindung eines GIS-Tools für geographische Visualisierungen wird vom BW unterstützt.

Durch die Integration häufig verwendeter Systemkomponenten mit einem hohen Vernetzungsgrad in Form von Standardsystemen sowie die Anbindung externer



Systeme verkürzen sich nicht nur die Datenübertragungszeiten zwischen den einzelnen Modulen. Zusätzlich reduziert sich der Umfang der gespeicherten Daten durch das Entfallen doppelter Datenhaltung. Dies hat eine Aufwandsreduzierung bei der Dateneingabe zur Folge. Insgesamt wird durch die alternative Systemstruktur eine Optimierung von Aufgabenbearbeitungs- und Datenverarbeitungsprozessen erreicht.

Im Falle der VOC-Bilanzierung ist in diesem Projekt eine detaillierte aufgabenbezogene Anforderungsdefinition vorgenommen worden, die als Grundlage zur Implementierung des DV-technischen Konzepts im Bereich dieser Fachaufgabe dienen soll. In dieser Weise ist zur Umsetzung des Gesamtsystems mit allen Fachaufgaben zu verfahren.

Zur wissenschaftlichen Unterstützung des entwickelten integrierten Szenarios eines BUIS wurde ein Verfahren zur Entscheidungsunterstützung angewendet, bei dem das bislang im Einsatz befindliche System neben dem in drei Umsetzungsstufen gegliederten integrierten Konzept bewertet wurde. Die der Anwendung dieses Verfahrens zu Grunde liegenden Kriterien, Gewichtungen und Bewertungen sind aus Experteneinschätzungen von sowohl fachlicher als auch technischer Seite hervorgegangen. Auf Basis dieser Daten lieferte das Verfahren Ergebnisse, die die Entscheidung zugunsten des integrierten Konzepts und seiner Umsetzungsstufen eindeutig nahe legen.

Die Überlegenheit des in diesem Projektes entwickelten Systems für Umweltinformationen wird somit nicht nur durch die Verfolgung des Integrationsansatzes eines Data Warehouses und die weitgehende Abdeckung der umweltrelevanten Fachaufgaben, sondern auch durch das Ergebnis des multikriteriellen Verfahrens zur Entscheidungsunterstützung zugunsten des neuentwickelten integrativen Konzepts gezeigt.

## **4.2 Ausblick**

Neben dem Konzept für ein integriertes Umweltinformationssystem bildet ein allgemein anwendbares Entscheidungsmodell für (Umwelt-)Informationssysteme ein weiteres Ergebnis dieses Projektes. Anhand der aufgestellten, zueinander gewichteten Kriterien lassen sich weitere Systemkonzepte bewerten und mit Hilfe des PROMETHEE II-Algorithmus auf ihr Präferenzverhalten bezüglich ebenfalls eingeordneter Alternativen untersuchen. Zur problemspezifischen Anpassung sind die Menge und Gewichtung der zu Grunde gelegten Kriterien ebenso wie die Bewertung des entwickelten Szenarios modifizierbar. Zukünftig ist eine Neubewertung dieses Konzepts vor allem zur Markteinführung des zurzeit noch in der Entwicklung

befindlichen SAP EM-Tools sinnvoll, da zu diesem Zeitpunkt der Funktionsumfang nachweislich und umfassend beurteilt werden kann.

Zur Umsetzung der Systemkomponenten und Erfüllung der Fachaufgaben wird eine detailliertere Beschreibung des Datenflusses und der Anforderungen benötigt, als es das Systemszenario erlaubt. Vor allem erfordert das SAP BW, um den Vorteil der Aufgabenerfüllung unter Zuhilfenahme mehrerer heterogener Datenquellen zu nutzen, eine fachaufgabenbezogene top-down-Datenanalyse aller beteiligten Systeme. Ausgehend von den Endergebnissen, die im Rahmen der jeweiligen Aufgabe benötigt werden, sind alle Faktoren zu bestimmen, die in das Resultat einfließen. Diese können Zwischenergebnisse oder Eingabewerte in die Komponente darstellen. Im ersten Fall sind wiederum alle Faktoren zur Berechnung des Zwischenergebnisses zu bestimmen. Im zweiten Fall ist die Datenquelle des Input-Wertes festzustellen. Nach vollständiger Analyse können Datenfluss und Kalkulations- bzw. Aggregationsschritte innerhalb der Komponente beschrieben werden. Erst hierdurch ist die gezielte Vermeidung ineffizienter Redundanzen in der Datenhaltung möglich. Als repräsentatives Beispiel sind diese Informationen für die Aufgabe der VOC-Bilanzierung erstellt worden. In allen weiteren Aufgaben der Umweltplanung ist analog zu verfahren. Erst auf der Grundlage dieser Detailinformationen über Datenflüsse und Datenabhängigkeiten ist eine Umsetzung des Gesamtsystems möglich.

Die Verwendung von Standardsystemkomponenten zur Daten- und Aufgabenintegration bietet sich nicht allein im Bereich der Umweltplanung an. Wie in zahlreichen Großunternehmen, werden im Volkswagen-Konzern auch in anderen Bereichen SAP-Komponenten eingesetzt. Das Modul EH&S dient unter anderem der Datenverarbeitung im Bereich Abfallwirtschaft. Dort wird es in absehbarer Zeit die Software Prodok-A ersetzen. Sie dient der Erstellung gesetzlich vorgeschriebener Begleitscheine, der Erstellung von Abfallbilanzen, Abfallkonzepten und Reports sowie der Verwaltung der innerbetrieblichen Abfallentsorgung. Prodok-A ist unter anderem in den Werken Braunschweig, Emden, Kassel, Salzgitter und Wolfsburg im Gebrauch. Somit ließen sich durch eine Anbindung der EH&S-Software an das SAP-Umfeld des integrierten Umweltinformationssystems die Reststoffdaten aller Werke zentral verwalten.

Das EH&S-Tool erfüllt darüber hinaus teilweise Anforderungen weiterer bestehender Systeme im Volkswagen-Konzern. Das Materialinformation-Sheet-System MISS, das u.a. die Erstellung einer produktbezogenen Umweltbilanz unterstützt ist ebenso wie das Einstufungs- und Kennzeichnungssystem Eukes teilweise durch Funktionalitäten von

SAP EH&S ersetzbar. Auch die Systeme Gestis<sup>162</sup>, eine Stoffdatenbank für Stoffe und Chemikalien, Medif<sup>163</sup>, eine Verwaltungssoftware für Patientenakten und die UB Media-Fachdatenbank für Umweltrecht beinhalten Funktionen, die teilweise auch mit Hilfe von SAP EH&S erfüllt werden können. Neben EH&S werden weitere SAP-Komponenten im Volkswagen-Konzern genutzt. Der Bereich Controlling ist durch das SAP-Modul CO abgedeckt. Durch eine Anbindung des Umweltinformationssystems an das CO-Modul ließen sich wichtige Umweltkennzahlen im Bereich des Controlling weiterverarbeiten. Die Aufgaben der Materialwirtschaft erfüllt die SAP-Komponente MM. Materialeingang, Materialausgang und Materialbewegung stellen die Grundlage für einen großen Teil der Umweltdaten dar. Eine Verbindung zu diesem System würde die Ermittlung eines Teils der verarbeiteten Informationen vereinfachen oder präzisieren. Die Produktionsplanung wird über das SAP-Modul PP (Produktionsplanung) realisiert. Diese Komponente könnte unter anderem Daten über Rohstoff- und Energieeinsatz an das Umweltinformationssystem liefern. Schließlich erfolgt eine Unterstützung durch SAP-Produkte in den Bereichen Qualitätsmanagement und Vertriebsmanagement durch die das QM- und SD-Tool<sup>164</sup>. Im Falle einer Anbindung dieser Tools könnte das Qualitätsmanagement stärker und genauer umweltbezogene Faktoren berücksichtigen (z.B. die Dicke einer Lackschicht, die mit der VOC-Menge in Beziehung steht). Andererseits könnte der Ausschussanteil bestimmter Teile im Rahmen des Qualitätsmanagements für den Bereich der Reststoffwirtschaft in der Umweltplanung von Interesse sein. Über das Vertriebsmanagement ließen sich Daten zu den Stückzahlen der Endprodukte erfassen, die zur Ermittlung produktbezogener Umweltdaten Verwendung finden könnten.

Die Vorteile des integrierten Umweltinformationssystems unter Einsatz von Standardsystemkomponenten verdeutlicht auch das eindeutige Ergebnis der Anwendung des multikriteriellen Verfahrens zur Entscheidungsunterstützung. Multikriterielle Entscheidungsverfahren fanden bereits erfolgreich Anwendung in der integrierten Technikbewertung<sup>165</sup>. Der PROMETHEE II-Algorithmus liefert eine erwartungsgemäße Empfehlung zugunsten der integrierten Szenarien. Die Inputdaten beruhen dabei auf realitätsnahen Einschätzungen in Form von Expertenwissen aus der Umweltplanung. Unter der Voraussetzung des Vorliegens einer Menge diskreter Alternativen (z.B. zu bewertende Systeme) hinsichtlich mehrerer Kriterien (z.B. Benutzerfreundlichkeit) können MADM-Verfahren, beispielsweise PROMETHEE II, angewendet werden<sup>166</sup>.

<sup>162</sup> Der Ausdruck Gestis beschreibt ein in der Volkswagen AG eingesetztes Gefahrstoffinformationssystem.

<sup>163</sup> Die Abkürzung Medif bedeutet Medizinisches Informationssystem.

<sup>164</sup> Die Abkürzungen der SAP-Komponenten symbolisieren: QM= Qualitätsmanagement, SD=Vertriebsmanagement, PP=Produktionsplanung, CO=Controlling

<sup>165</sup> Vgl. Geldermann (1999)

<sup>166</sup> Vgl. Geldermann (1999), S. 91

Da der PROMETHEE II-Algorithmus auf der Bestimmung der Differenz zwischen Eingangs- und Ausgangsflüssen (Nettoflüssen) basiert, kann bei der Anwendung des Verfahrens eine Kompensation zwischen diesen beiden Faktoren auftreten. In gewissen Fällen, z.B. der Berücksichtigung von Emissionen bei der integrierten Technikbewertung, ist eine Kompensation unerwünscht, da die tatsächliche Höhe dieses Faktors nicht zu vernachlässigen ist<sup>167</sup>. Ein Ausgleich von Systemvorteilen und –nachteilen beim Vergleich von Informationssystemen in dieser Arbeit ist dagegen wenig relevant, da der Fokus auf dem Gesamtergebnis liegt.

In diesem Fall ist das PROMETHEE II-Verfahren ohne Einschränkungen auf die durch mehrere DV-Konzepte gebildete Entscheidungssituation dieses Projektes anwendbar. Sie stellt unter Einbeziehung aller genannten Aspekte ein unter diesen Voraussetzungen geeignetes multikriterielles Verfahren zur Entscheidungsunterstützung für Vergleiche von DV-Systemkonzepten dar.

---

<sup>167</sup> Vgl. Geldermann, S. 105

## Anhang

### A Nutzwertanalyseergebnisse für die Fachaufgabe VOC-Bilanzierung

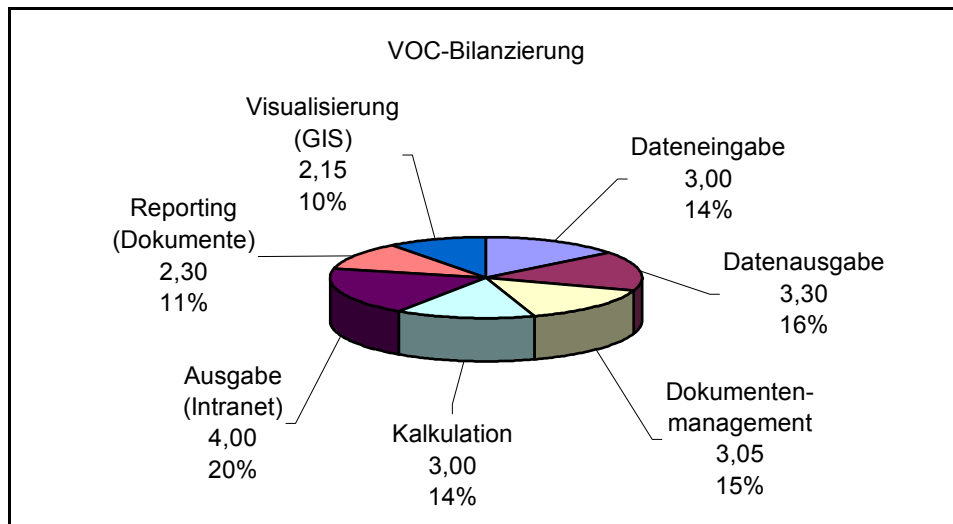


Abb. A.1: Nutzwerte der Fachaufgabe VOC-Bilanzierung

## **B        Datenhaltung der Anlagenstammdaten im UIS**

Für das aufgestellte Konzept einer VOC-Bilanzierung werden bestimmte Anlagendaten benötigt. Diese sind im eingesetzten Volkswagen UIS verfügbar. Sie lassen sich im Datensatz der zentralen UIS-Datenbank finden. In der Tab. B.1 beschreiben die Ausdrücke in der Spalte Datenherkunft den Pfad in der Datenstruktur. Der jeweils letzte Ausdruck dieser Spalte gibt den Namen des Datensatzes, der das erforderliche Datum enthält, an. Da die Erfüllung umweltbezogener Aufgaben zu einem großen Teil anlagenbezogen erfolgt, bietet sich auch im integrierten Konzept die Ablage wesentlicher Anlagen-Daten in der zentralen Umweltdatenbank an. Zusätzlich sind in der Tabelle die Quellen weiterer Input-Variablen angegeben, die in die Berechnung der VOC-Bilanz einfließen.

Datum	Datenherkunft
Bezeichnung der Anlage	UIS: Formular Anlagen - Allgemeine Daten - andere Kennzeichnungen Kennzeichnungsart, Nummer/ Bezeichnung
Werk	UIS: Formular Anlagen - Allgemeine Daten - Lagekennzeichnung Werk
Halle	UIS: Formular Messstellen - Messstellenbeschreibung Halle
Geschoss	UIS: Formular Messstellen - Messstellenbeschreibung Ebene
Feld	UIS: Formular Anlagen - Allgemeine Daten - Lagekennzeichnung Von Feld Bis Feld
OE- Bezeichnung des Betreibers	UIS: Formular Anlagen - Allgemeine Daten - Personen OE (Organisationseinheit)
Kostenstelle des Betreibers	UIS: Formular Anlagen - Allgemeine Daten - Personen Kostenstelle
Anlagen- Nummer	UIS: Formular Anlagen - Allgemeine Daten - andere Kennzeichnungen Nummer/ Bezeichnung
Anlagenbezeichnung	UIS: Formular Anlagen - Allgemeine Daten - andere Kennzeichnungen Nummer/ Bezeichnung

Bilanzjahr	Manuelle Eingabe oder über Abfrage des Systemdatums
Berechnungsmethode der diffusen Emissionen	Manuelle Eingabe
I1	DIBUS, MFP
I2	Manuell erfasst
O1.1	Messung
O1.2	Messung
O2	Evtl. Messung
O3	Nicht vorhanden
O4	Schätzung
O5	
O6	Messung
O7	Nicht vorhanden
O8	Nicht vorhanden
O9	

Tab. B.1: Daten zur VOC-Bilanz in der UIS-Datenbank



## C Umsetzungsanforderungen an die VOC-Bilanzierung

### Darstellung der VOC-Bilanz einer Anlage

Anlage	Bezeichnung der Anlage
Standort	Werk, Halle, Geschoß, Feld
Betreiber	OE-Bez und KSt des Betreibers
Anl. Nr.	Nr. nach Anh. I der 31. BImSchV
Anlagenart	Bezeichnung nach Anh. I der 31. BImSchV
Bilanzjahr	Jahr, für die die Bilanz erstellt wurde
Methode	Berechnungsmethode der diffusen Emissionen

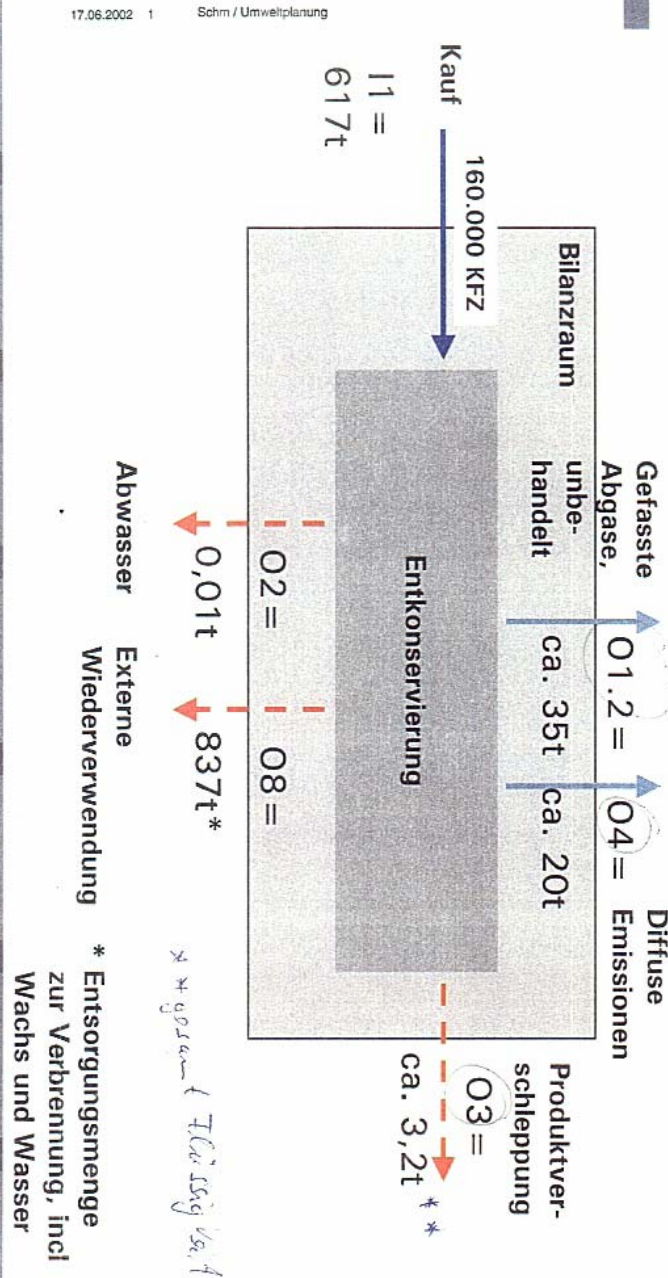
D = Direkte Methode  
I = Indirekte Methode

M = Messung der Eingabedaten  
B = Berechnung der Eingabedaten  
S = Schätzung der Eingabedaten  
F = Berechnung aus den Eingabedaten  
(nach den Formeln der 31. BImSchV)

Nr.	Bezeichnung	INPUT [kg]	Ermitt- lungsart	Differenz z. Vorjahr [%]	OUTPUT [kg]	Ermitt- lungsart	Differenz z. Vorjahr [%]
LV	Lösemittelverbrauch	I1 - O8	F				
I	Eintrag in die Anlage davon :	I1 + I2	F				
I1	Eingekaufte, eingesetzte Menge	I1	M,B,S				
I2	Anlagenintern recycelte, eingesetzte Menge	I2	M,B,S				
O1	gefasste Abgase davon :				O1.1 + O1.2	F	
O1.1	gefasste, behandelte Abgase				O1.1	M,B,S	
O1.2	gefasste, unbehandelte Abgase				O1.2	M,B,S	
F	Diffuse Emissionen davon :	Berechnung nach Anh. V, Nr.2 insgesamt vier Varianten			untersch.	F	
O1.2	gefasste, unbehandelte Abgase	nur für bestimmte AnlagenNm			O1.2	F	
O2	Austrag (aus dem Betrieb) über das Abwasser				O2	M,B,S	
O3	Rückstand im Endprodukt				O3	M,B,S	
O4	ungefasste Emission aus der Anlage in die Luft				O4	B,S	
O5	Beseitigung / Zerstörung durch Reinigungsanlagen				O5	M,B,S	
A	Sonstiger Austrag davon :				O6 + O7 + O8	F	
O6	Entsorgung als / im Abfall				O6	M,B,S	
O7	Produkt zur externen Wiederverwendung				O7	M,B,S	
O8	Zurückgewonnen, gelagert				O8	M,B,S	
E	Emission	Berechnung nach Anh. V, Nr.2 insgesamt zwei Varianten			unterschiedlich	F	
<b>Zusammenfassung</b>		<b>Eintrag</b>			<b>Gesamtemission</b>		
		I	F		E	F	
	Diffuse Emission [% vom LM-Einsatz]				F/I x 100	F	

Tab. C.1: Ergebnisdokument der VOC-Bilanzierung

## Lösemittelbilanz Entkonservierungsanlage, Wob



VOLKSWAGEN AG

Forschung, Umwelt und Verkehr

Quelle: Abteilung Gewässerschutz der Umweltplanung Volkswagen AG

Abb. C.1: graphische Flussdarstellung der VOC-Bilanzierung

## Literaturverzeichnis

### *Monographien, Dissertationen und Aufsätze in Zeitschriften*

- Arndt, H.- K. (1997): Betriebliche Umweltinformationssysteme:  
Gestaltung und Implementierung eines BUIS- Kernsystems. Dissertation,  
Humboldt- Universität Berlin. Wiesbaden
- Esser, M.; Warnken, N.; Heeg, F. J. (1997): Integriertes Werkstatt- und Umweltsystem.  
UmweltWirtschaftsForum, 5. Jg., Heft 3, S. 36-40
- Geldermann, J./ Rentz, O. : Entwicklung eines multikriteriellen Entscheidungs-  
unterstützungssystems zur integrierten Technikbewertung
- Geldermann, J. (1999): Entwicklung eines multikriteriellen Entscheidungs-  
unterstützungssystems zur integrierten Technikbewertung. Düsseldorf
- Haasis, H.- D.; Hackenberg, D., Hillenbrand, R. (1989): Betriebliche Umwelt-  
informationssysteme. Information Management, o.Jg., Heft 4, S. 46-53
- Haasis, H.-D. (1994): Möglichkeiten und Grenzen betrieblicher Umweltinformations-  
und –managementsysteme. In: Hilty, L.M., Jaeschke, A., Page, B., Schwabl, A.  
(1994): Informatik für den Umweltschutz 8. Symposium, Hamburg 1994  
Band II: Anwendungen für Unternehmen und Ausbildung, S. 41-46
- Haasis, H.- D.; Hilty, L. M.; Kürzl, H.; Rautenstrauch, C. (1995):  
Anforderungen an Betriebliche Umweltinformationssysteme (BUIS) und  
Ansätze zur Realisierung. In: Haasis, H.- D.; Hilty, L. M.; Kürzl, H.;  
Rautenstrauch, C. (1995): Betriebliche Umweltinformationssysteme (BUIS),  
Projekte und Perspektiven, S. 7-25
- Haasis, H.- D. (1997): Betriebliche Umweltinformationssysteme.  
Umwelt Wirtschafts Forum, 5. Jg., Heft 3, S. 3
- Hanke, J.- C. (2000): HTML/ XML & JavaScript. Düsseldorf
- Henn, S.; Winter- Sattler, U. (1998): Facility Management – Schnittstellen zum  
Umweltmanagement. In: Schimmelpfeng, L., Henn, S., Jansen, C. (1998):  
Integrierte Umweltmanagementsysteme, S. 109-122
- Hunscheid, J.; Becker, G. (1994): Praxisbeispiele für die Verknüpfung von betrieblichen  
Informationssystemen mit einem Umweltcontrolling-System.  
In: Hilty, L.M., Jaeschke, A., Page, B., Schwabl, A. (1994): Informatik für den  
Umweltschutz 8. Symposium, Hamburg 1994 Band II: Anwendungen für  
Unternehmen und Ausbildung, S. 117-130
- Jahr, W. (1998): Kombinierte Zertifizierung von Managementsystemen. In:  
Schimmelpfeng, L., Henn, S., Jansen, C. (1998):  
Integrierte Umweltmanagementsysteme, S. 53-60
- Kaupe, G. (1997): Umweltverträglichkeitsprüfungen für Betriebe, Konsequenzen langer  
Genehmigungsprozesse und Ansätze zur prozessualen Beschleunigung.  
Umwelt Wirtschafts Forum, 5. Jg., Heft 3, S. 65-69

- Kramer, J. (1994): Betriebliche Umweltinformatik: Informationssysteme verdrängen Insellösungen. In: Hilty, L.M., Jaeschke, A., Page, B., Schwabl, A. (1994): Informatik für den Umweltschutz 8. Symposium, Hamburg 1994 Band II: Anwendungen für Unternehmen und Ausbildung, S. 55-66
- Kraus, M. (1997): Informationsmanagement im betrieblichen Umweltschutz – Strategien und Architekturen Betrieblicher Umweltinformationssysteme. Dissertation, Universität Saarbrücken.
- Kraus, M.; Scheer, A.- W. (1997): Integrationsaspekte Betrieblicher Umweltinformationssysteme. Umwelt Wirtschafts Forum, 5. Jg., Heft 3, S. 2-16
- Krcmar, H.; Dold, G.; Scheide, W. u.a. (1997): Referenzmodell für DV- gestütztes Umweltmanagement. UmweltWirtschaftsForum, 5. Jg., Heft 3, S. 28-31
- Kürzl, H. (1995): Erfahrungen in der operativen Einführung von Umweltinformationssystemen in Industriebetrieben. In: Haasis, H.- D.; Hilty, L. M.; Kürzl, H.; Rautenstrauch, C. (1995): Betriebliche Umweltinformationssysteme (BUIS), Projekte und Perspektiven, S. 173-184
- Kürzl, H. (2002): BUIS der 2. Generation – von funktionalen Lösungen zur Prozessintegration. o.O.
- Kürzl, H.; Machner, Chr. (1994): Informatikkonzept für ein integriertes Umweltsystem und seine Realisierung in einem Industriebetrieb. In: Hilty, L.M., Jaeschke, A., Page, B., Schwabl, A. (1994): Informatik für den Umweltschutz 8. Symposium, Hamburg 1994 Band II: Anwendungen für Unternehmen und Ausbildung, S. 23-32
- Kytzia, S.; Siegenthaler, C. (1994): Die schweizerische Methodik Ökobilanzen für Unternehmungen und ihre Anwendung mit REGIS für Windows. In: Hilty, L.M., Jaeschke, A., Page, B., Schwabl, A. (1994): Informatik für den Umweltschutz 8. Symposium, Hamburg 1994 Band II: Anwendungen für Unternehmen und Ausbildung, S. 89-100
- Löchelt, H. (2000): Computergestütztes betriebliches Umweltinformationssystem: Konzeption und Realisierung. Dissertation, Universität Heidelberg. Wiesbaden
- Marx Gómez, J. (1991): Rechnergestützte Ansätze zur Rückflussprognose von Altprodukten zum Remanufacturing. Dissertation, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.
- Meuche, T. (1998): Prozeßorientiertes integriertes Management. In: Schimmelpfeng, L., Henn, S., Jansen, C. (1998): Integrierte Umweltmanagementsysteme, S. 41-52
- Ott, W. (1998): Notwendigkeit integrierter Managementsysteme. In: Schimmelpfeng, L.; Henn, S.; Jansen, C.. (1998): Integrierte Umweltmanagementsysteme, S. 15-18
- Rautenstrauch, C. (1997): Perspektiven Betrieblicher Umweltinformationssysteme. Umwelt Wirtschafts Forum, 5. Jg., Heft 3, S. 7-11
- Rautenstrauch, C. (1999): Betriebliche Umweltinformationssysteme. Berlin, Heidelberg, NewYork

- Rey, U.; Jürgens, G.; Lang, C. (März 2003): Ergebnisbericht „Unterstützung bei der Entwicklung von Konzepten für eine Erweiterung des Umweltinformationssystems (UIS)“
- Riekert, W.- F.; Tochtermann, K. (1999): Hypermedia im Umweltschutz – Erfahrungen aus dem Arbeitskreis. In: Rautenstrauch, C.; Schenk, M. (1999): Umweltinformatik '99, Umweltinformatik zwischen Theorie und Industrieanwendung, S. 195-205
- Rosenau-Tornow, D. (2003): Stoffstrombasierte Bewertung produktionsintegrierter Umweltschutzstrategien am Beispiel der Automobillackierung. Dissertation. Unveröffentlicht
- Roth, U. (1992): Umweltkostenrechnung. Dissertation, Universität Köln. Wiesbaden
- Seder, I.; Weinkauff R.; Vögele, T.; Krüger, T. (1999): Integration von Entscheidungsunterstützungssystemen in kommerzielle Umweltinformationssysteme. In: Rautenstrauch, C.; Schenk, M. (1999): Umweltinformatik '99, Umweltinformatik zwischen Theorie und Industrieanwendung, S. 321-330
- Sick, M. (1994): EDV- technische Werkzeuge für betriebliche Interessenvertretungen im Feld betrieblicher Umweltschutz. In: Hilty, L.M., Jaeschke, A., Page, B., Schwabl, A. (1994): Informatik für den Umweltschutz 8. Symposium, Hamburg 1994 Band II: Anwendungen für Unternehmen und Ausbildung, S. 33-40

#### *Internet- Adressen*

- o.V. (2003): Data Warehouse Products, An Overview of SAP's BW and PeopleSoft's EPM. <http://www.dekemper.com/dekemper.asp?sid=2&c=69>. 05.09.2003
- o.V.: SAP im Intranet.VW-Intranet. 05.09.2003
- o.V.: Allgemeine Einführung in die BAPIs (CA-BFA). VW Intranet. 05.09.2003
- o.V.: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen. [www.umweltministerium.bayern.de](http://www.umweltministerium.bayern.de). 05.09.2003
- o.V.: Business Information Warehouse. VW Intranet. 05.09.2003
- Dokumente.[http://help.sap.com/saphelp\\_sem320bw/helpdata/de/42/594e3c6bf4233fe100000000a114084/frameset.htm](http://help.sap.com/saphelp_sem320bw/helpdata/de/42/594e3c6bf4233fe100000000a114084/frameset.htm). 05.09.2003
- o.V.: K-EFUA Arbeitsumwelt Vorschriften, Hilfe zu den UB Media-Fachdatenbanken. VW-Intranet. 05.09.2003
- o.V.: Umweltbundesamt. [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de). 05.09.2003
- o.V.: U-plus Umweltservice AG. <http://www.u-plus.de>
- o.V.: Umwelt-online: Regelwerk zum Arbeits-, Umweltschutz, Gefahrguttransport- und Technikrecht. <http://www.umwelt-online.de>